



Analysis of users' psychological and mental perception of soundscape quality at Mehrabad International Airport with emphasis on the role of green spaces

Pedram Barari¹ | Mahdi Khansefid² | Parviz Fatehi³ | Mohsen Kafi⁴

1. Department of Horticultural Science and Landscape Engineering, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran. E-mail: pedram.barari@ut.ac.ir

2. Corresponding Author, Department of Horticultural Science and Landscape Engineering, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran. E-mail: mkhansfid@ut.ac.ir

3. Department of Forestry and Forest Economics, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran. E-mail: parviz.fatehi@ut.ac.ir

4. Department of Horticultural Science and Landscape Engineering, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran. E-mail: mkafi@ut.ac.ir

Article Info

Article type:

Research Article

Article history:

Received 03 November 2025

Received in revised form 05
December

Accepted 20 December 2025

Keywords:

Acoustic design,

Environmental quality,

Green spaces,

Mehrabad airport,

Psycho-perceptual evaluation,

Soundscape.

ABSTRACT

Soundscape, as one of the fundamental dimensions of environmental quality, plays a crucial role in shaping users' psychological and perceptual experiences of urban and infrastructural spaces. The present study aims to analyze the psycho-perceptual evaluation of users regarding the soundscape quality of Mehrabad Airport and to examine the influence of green spaces on improving this perception. The research employed a mixed-method approach: quantitative data were collected through field measurements of sound levels (dB(LAeq)), while qualitative data were obtained using questionnaires and semi-structured interviews with users. The findings revealed that the presence and organization of green spaces within the airport environment significantly reduced perceived noise annoyance and enhanced feelings of tranquility, attachment, and environmental satisfaction. Moreover, users' auditory perception quality was found to depend not solely on sound intensity but also on the visual-auditory composition and the acoustic diversity of the environment. Based on the results, it can be concluded that strengthening the green infrastructure in the soundscape design of airports not only enhances the aesthetic and ecological quality of the environment but also contributes to improving users' mental well-being and perceptual experience.

Cite this article: Barari, P., Khansefid, M., Fatehi, P., & Kafi, M. (2025). Analysis of users' psychological and mental perception of soundscape quality at Mehrabad International Airport with emphasis on the role of green spaces. *Journal of Natural Environment*, 78 (4), 587-600.

DOI: <http://doi.org/10.22059/jne.2025.405550.2860>



تحلیل ادراک ذهنی-روانی کاربران از کیفیت منظر صوتی فرودگاه بین‌المللی مهرآباد با تأکید بر نقش فضاهای سبز

پدرام براری^۱ | مهدی خان سفید^۲ | پرویز فاتحی^۳ | محسن کافی^۴

۱. گروه مهندسی علوم باغبانی و فضای سبز، دانشکده کشاورزی، دانشکده‌های کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران. رایانامه:

pedram.barari@ut.ac.ir

۲. نویسنده مسئول، گروه مهندسی علوم باغبانی و فضای سبز، دانشکده کشاورزی، دانشکده‌های کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران. رایانامه:

mkhansefid@ut.ac.ir

۳. گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشکده‌های کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران. رایانامه:

parviz.fatehi@ut.ac.ir

۴. گروه مهندسی علوم باغبانی و فضای سبز، دانشکده کشاورزی، دانشکده‌های کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران. رایانامه:

mkaifi@ut.ac.ir

چکیده

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۸/۱۲

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۹/۱۴

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۹/۲۹

کلیدواژه‌ها:

منظر صوتی،

ادراک ذهنی-روانی،

فضاهای سبز،

کیفیت محیط،

فرودگاه مهرآباد،

طراحی اکوستیکی.

منظر صوتی به‌عنوان یکی از ابعاد بنیادین کیفیت محیط، نقشی تعیین‌کننده در تجربه ذهنی و روانی کاربران از فضاهای شهری و زیرساختی دارد. پژوهش حاضر با هدف تحلیل ادراک ذهنی-روانی کاربران از کیفیت منظر صوتی فرودگاه مهرآباد و بررسی تأثیر فضاهای سبز در بهبود این ادراک انجام شد. روش تحقیق مبتنی بر رویکرد تلفیقی بود؛ داده‌های کمی از طریق اندازه‌گیری‌های میدانی تراز صوت ($dB(LAeq)$) و داده‌های کیفی از طریق پرسشنامه و مصاحبه نیمه‌ساختاریافته با کاربران گردآوری گردید. یافته‌ها نشان داد که حضور و سازماندهی فضاهای سبز در محیط فرودگاه به‌طور معنی‌داری موجب کاهش ادراک مزاحمت صوتی و افزایش احساس آرامش، تعلق و رضایت محیطی می‌شود. افزون بر این، کیفیت ادراک صوتی کاربران بیش از آنکه تنها تابع شدت صدا باشد، به ترکیب بصری-شنیداری و تنوع آوایی محیط وابسته است. بر پایه نتایج، می‌توان گفت که تقویت ساختار سبز در طراحی منظر صوتی فرودگاه‌ها، ضمن ارتقای کیفیت زیباشناختی و بوم‌شناختی محیط، در جهت بهبود سلامت روانی و تجربه ادراکی کاربران نیز مؤثر است.

استناد: براری، پدرام؛ خان سفید، مهدی؛ فاتحی، پرویز؛ و کافی، محسن (۱۴۰۴). تحلیل ادراک ذهنی-روانی کاربران از کیفیت منظر صوتی فرودگاه بین‌المللی مهرآباد

با تأکید بر نقش فضاهای سبز. محیط زیست طبیعی، ۷۸ (۴)، ۵۸۷-۶۰۰.

DOI: <http://doi.org/10.22059/jne.2025.405550.2860>



© نویسندگان.

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

مقدمه

فضاهای سبز شهری نقش مهمی در افزایش جذابیت محیط، ارتقای کیفیت زندگی و بهبود سلامت روانی شهروندان ایفا می‌کنند (Makovsky, 2025). مطالعات متعدد نشان داده‌اند که حضور پوشش گیاهی و عناصر طبیعی نه تنها از نظر فیزیکی با جذب و پراکندگی امواج صوتی به کاهش شدت نویز کمک می‌کنند، بلکه اثرات روانی و ادراکی آن را نیز کاهش داده و احساس آرامش و رضایت کاربران را افزایش می‌دهند (Brander and Koetse, 2011; Ugolini et al., 2022; Morawetz et al., 2024). در محیط‌های پرتردد و نویزی مانند فرودگاه‌ها، ترکیب فضاهای سبز و منظر صوتی می‌تواند شاخص مهمی در ارزیابی کیفیت محیطی و تجربه کاربران باشد (Hong et al., 2021).

ترمینال‌های فرودگاهی به دلیل ویژگی‌های کالبدی خاص، سقف‌های بلند، تراکم جمعیت بالا و جریان مداوم مسافران با چالش‌های متعددی در زمینه آسایش محیطی مواجه‌اند (Gul et al., 2021; Liu et al., 2023). پژوهش‌ها نشان داده‌اند که عوامل حرارتی، نوری و به‌ویژه کیفیت صوتی نقش تعیین‌کننده‌ای در رضایت کلی کاربران دارند و ضعف در هر یک از این مؤلفه‌ها می‌تواند تجربه ادراکی فضا را به‌طور چشمگیری کاهش دهد (Yang et al., 2024). با این حال، بررسی نظام‌مند ادراک شنیداری مسافران و منابع صوتی مؤثر بر آسایش آکوستیکی هنوز محدود است و اغلب مطالعات بر کاهش سطح فشار صوت (SPL) تمرکز داشته‌اند، بدون آنکه عوامل روان‌آکوستیکی و تعامل بین صدا، دید و سایر عوامل محیطی مورد توجه قرار گیرند (Ayik et al., 2024). مطالعات اخیر نشان داده‌اند که ادراک انسانی از نویز صرفاً به‌شدت فیزیکی آن محدود نمی‌شود، بلکه متأثر از متغیرهایی نظیر نوع فعالیت‌های پیرامونی، جنس صدا، زمینه‌های بصری و میزان حضور فضای سبز است (Puyana-Romero et al., 2022).

نویز هواپیما و ترافیک فرودگاهی از مهم‌ترین منابع آلودگی صوتی در اطراف فرودگاه‌ها محسوب می‌شوند و می‌توانند تأثیرات منفی روانی و جسمی قابل توجهی بر کاربران و ساکنان اطراف داشته باشند. استرس، اختلال خواب و کاهش تمرکز از جمله این موارد می‌باشند (Lugten et al., 2024). در این زمینه، پژوهش‌های اخیر نشان داده‌اند که افزودن عناصر طبیعی مانند آب و پوشش گیاهی، حتی در سطوح نویز بالا، می‌تواند آلودگی صوتی را کاهش داده و تجربه شنیداری کاربران را بهبود بخشد (Lugten et al., 2018; Wittmer and Müller, 2021; Ekici et al., 2022). طراحی هوشمندانه فضاهای سبز پیرامون فرودگاه‌ها، علاوه بر کاهش شدت نویز، موجب ارتقای کیفیت منظر صوتی، افزایش آرامش روانی و تسهیل بازیابی روانی کاربران می‌شود (Alvarsson et al., 2010).

در زمینه طراحی منظر فرودگاهی، رویکردهای نوین مانند «تحقیق با طراحی» و استفاده از شبیه‌سازی آکوستیکی دیجیتال امکان ارزیابی همزمان عملکرد صوتی گزینه‌های طراحی را فراهم کرده‌اند و به ادغام داده‌های محیطی با طراحی منظر کمک می‌کنند (Bar-Sinai et al., 2023). با این حال، در ایران پژوهش‌های میدانی و جامع درباره ادراک کاربران از منظر صوتی در فرودگاه‌ها محدود است و شواهد کافی درباره تأثیر فضاهای سبز بر کاهش آلودگی صوتی و بهبود تجربه مسافران در محیط‌های ترمینال موجود نیست (Babadi et al., 2019).

فرودگاه مهرآباد تهران، به‌عنوان یکی از شلوغ‌ترین فرودگاه‌های داخلی کشور، با مسائل جدی مرتبط با آلودگی صوتی مواجه است. بررسی‌های میدانی در ترمینال‌های ۱ و ۲ نشان می‌دهد که سطح نویز در برخی نقاط به بیش از ۷۶ دسی‌بل می‌رسد، در حالی که فضاهای سبز موجود یا صرفاً جنبه تزئینی دارند و کارکرد اکولوژیک یا آرامش‌بخش واقعی ندارند، یا اصلاً وجود ندارند. تحلیل‌های محیطی، اقلیمی و روان‌شناختی نشان داد که حضور فضای سبز می‌تواند به شکل قابل توجهی میزان آلودگی ذهنی ناشی از نویز را کاهش دهد و تجربه ادراکی کاربران را ارتقا دهد. علاوه بر این، مصاحبه‌ها با کارکنان فرودگاه نشان می‌دهد که آلودگی صوتی نه تنها بهره‌وری کاری را تحت تأثیر قرار می‌دهد، بلکه بر وضعیت روانی و حتی روابط خانوادگی افراد نیز اثرگذار است. با وجود توسعه مطالعات در زمینه منظر صوتی، اکثر تحقیقات پیشین یا بر فضاهای عمومی شهری مانند خیابان‌ها و پارک‌ها تمرکز داشته‌اند، یا دیدگاه صرفاً فنی و کمی به مسئله نویز داشته‌اند؛ بنابراین، به‌کارگیری مفاهیم منظر صوتی در پروژه‌های واقعی فرودگاهی، به‌ویژه در محیط‌هایی با شرایط اقلیمی، کالبدی و فرهنگی پیچیده مانند ایران، هنوز محدود باقی‌مانده است.

بنابراین، پژوهش حاضر با تمرکز بر تحلیل ادراک کاربران و نقش فضای سبز در ارتقای کیفیت منظر صوتی فرودگاه مهرآباد، با رویکردی تلفیقی از داده‌های میدانی، سنجش‌های صوتی و تحلیل روان‌شناختی، تلاش می‌کند راهکارهایی علمی و کاربردی برای بهبود محیط شنیداری و ارتقای رفاه کاربران ارائه دهد. این مطالعه، ضمن پر کردن شکاف موجود در پژوهش‌های ایرانی و بین‌المللی، می‌تواند الگوی مفیدی برای برنامه‌ریزی و طراحی پایدار فرودگاه‌ها و فضاهای باز شهری پیرامون آنها فراهم کند.

مبانی نظری

چالش‌های صوتی در فضاهای فرودگاهی

نویز فعالیت‌های فرودگاهی، به‌ویژه در ترمینال‌های پرتردد، از چالش‌های اصلی سلامت روان و آسایش کاربران است و مواجهه مداوم با سطوح بالای آن استرس، تمرکز و تجربه کلی را تضعیف می‌کند (Jensen et al., 2018). شدت زیاد، الگوی نامنظم و تداوم زمانی صدا، نویز فرودگاهی را از سایر نویزهای شهری متمایز و بر ادراک و آرامش ذهنی اثرگذار می‌کند (Liu et al., 2024). سیاست‌های فعلی عمدتاً بر کاهش سطح فشار صوتی (SPL) متمرکزند، اما این کاهش الزاماً رضایت یا رفاه را تضمین نمی‌کند؛ بنابراین رویکرد منظر صوتی با تمرکز بر تجربه انسانی و به‌کارگیری صداهای طبیعی خوشایند مانند پرندگان و آب، به‌عنوان راهکاری مؤثر برای کاهش آذردگی ذهنی مطرح است (Hong et al., 2021). در نتیجه، نویز فرودگاهی صرفاً مسئله‌ای مهندسی نیست، بلکه پدیده‌ای اجتماعی-فضایی و ادراکی است که تحلیل چندبعدی برای فهم اثرات آن بر کاربران و محیط پیرامون می‌طلبد.

منظر صوتی، ادراک کاربران و نقش عناصر سبز در بهبود کیفیت شنیداری

ادراک محیط صوتی تنها به ویژگی‌های فیزیکی صدا وابسته نیست و عوامل بصری و روان‌شناختی نیز آن را شکل می‌دهند. حضور عناصر طبیعی مانند پوشش گیاهی و آب‌نماها می‌تواند با ایجاد اثرات روان‌شنوایی مثبت، آزار ناشی از نویزهای مکانیکی را کاهش داده و تجربه شنیداری مطلوب‌تری ایجاد کند (Galbrun and Ali, 2013). صدای آب جاری با تنوع زمانی و فرکانس‌های ملایم توان بالایی در پوشاندن نویزهای ترافیکی و صنعتی دارد، در حالی‌که صداهای یکنواخت‌تر مانند آبشارهای پر حجم اثر کمتری دارند. مطالعات در محیط‌های شهری و مسکونی نیز نشان داده‌اند مشاهده پوشش سبز از فضاهای بسته می‌تواند به‌طور معنی‌داری آزار صوتی ادراک‌شده را کاهش دهد (Van Renterghem, 2019). همچنین، پژوهش Putra و همکاران (۲۰۱۴)، نشان داد گونه‌های گیاهی با برگ‌های متراکم قادر به کاهش نویز محیطی تا حدود ۴۶٪ در شرایط آزمایشگاهی هستند. بنابراین، طراحی منظر مبتنی بر عناصر سبز و صداهای طبیعی علاوه بر کاهش شدت نویز، ادراک کاربران را بهبود داده و راهبردی مؤثر برای ارتقای کیفیت منظر صوتی محسوب می‌شود. جدول ۱ مرور مطالعات صورت گرفته در رابطه با نقش فضاهای سبز و منظر صوتی در کاهش نویز و بهبود ادراک محیطی ارائه شده است.

جدول ۱- مرور پژوهش‌های مرتبط با نقش فضاهای سبز و منظر صوتی در کاهش نویز و بهبود ادراک محیطی

منبع	تأثیر و کاربرد		مداخله طراحی	روش تحقیق	نوع منظر
	تأثیر ادراکی و روانی	کاربرد فرودگاهی			
(Alvarsson et al., 2010)	کاهش تنش و بهبود خلق و تمرکز	پخش ملایم آب/پرندگان در فضاهای انتظار و راهروها	کاهش برانگیختگی فیزیولوژیک معنادار نسبت به صداهای مزاحم	آزمایشگاهی؛ سنجش پاسخ‌های فیزیولوژیک و ادراکی	منظر ترمیمی؛ محیط‌های شنیداری طبیعی
(Kiani Sadr, 2017)	افزایش ناراحتی و تنش روانی در ساکنان	کنترل توسعه شهری پیرامون محدوده‌های پرصدا	پیش‌بینی دقیق تغییرات نویز؛ ناسازگاری نسبی مناطق مسکونی	مدل‌سازی نویز با GIS، CadnaA، AMOS؛ پرسشنامه و مصاحبه	منظر فرودگاهی
(Pandapota et al., 2021)	کاهش آذردگی شنیداری و افزایش آسایش	کاشت گونه‌های پر جذب در حریم پیاده و حائل صوتی	کاج فن‌دار بیشترین جذب صدا؛ کروتون بیشترین جذب Pb	آزمایشگاهی؛ طرح تودرتو و آزمون Tukey HSD 5٪	منظر فرودگاهی

افزایش آسایش شنیداری و کاهش ادراک نویز	طراحی کمربند سبز حائل بین باند و نواحی مسکونی	عرض دیوار، ارتفاع درخت و قطر سایبان بیشترین اثر را دارند	دیوار صوتی گیاهی با ساختار بهینه ۹-۲۴-۲	نمونه‌برداری صوتی در ۱۰۰ ایستگاه؛ مدل‌سازی با ANN	منظر شهری؛ قابل تعمیم به منظر فرودگاهی	(Jahani and Seiri, 2021)
افزایش آرامش و بهبود خلق	طراحی فضاهای انتظار با صدای طبیعی برای کاهش تنش کارکنان و مسافران	کاهش معنی‌دار استرس در محیط‌های طبیعی نسبت به مصنوعی	تلفیق آب‌نما، فضای سبز و صداهای طبیعی	داده‌های فیزیولوژیک، پرسشنامه، آزمون ویلکاکسون و رگرسیون	پارک شهری؛ قابل تطبیق برای فضاهای فرودگاهی	(Cao and Hsu, 2021)
افزایش هویت مکانی و آرامش روانی	طراحی آگاهانه منظر صوتی در ترمینال‌ها برای تقویت حس مکان	ادراک صوت با حس مکان هم‌بسته است	تعریف «حریم سکوت» و «نواحی شنیداری فعال»	تحلیل مفهومی و چارچوب‌سازی نظری	منظر شهری با تمرکز بر ادراک صوتی	(Yildirim and Arefi, 2022)

شکاف‌های پژوهشی و جایگاه تحقیق حاضر

با وجود پیشرفت مطالعات منظر صوتی، اغلب پژوهش‌ها یا به محیط‌های شهری محدود شده‌اند یا جنبه‌های فنی نویز را محور قرار داده‌اند. تحقیقات مرتبط با فرودگاه‌ها، به‌ویژه در بافت‌های پیچیده شهری مانند فرودگاه مهرآباد، محدود و اغلب فاقد تطابق با ویژگی‌های محیطی، فرهنگی و اجتماعی منطقه هستند. پژوهش حاضر با جمع‌آوری داده‌های میدانی و تحلیل تطبیقی، تلاش می‌کند چارچوبی زمینه‌محور برای بهبود ادراک شنیداری، جنبه‌های روانی کاربران و نقش عناصر سبز در کیفیت منظر در محیط‌های فرودگاهی ارائه دهد.

روش‌شناسی پژوهش

طرح و محدوده مطالعه: پژوهش در فرودگاه بین‌المللی مهرآباد تهران، واقع در بافت متراکم شهری و مجاور نواحی مسکونی، انجام شد؛ فرودگاهی به وسعت حدود ۱۳۴۶ هکتار که ساختار نیمه‌باز و بسته ترمینال‌های آن به ماندگاری و بازتاب صدا می‌افزاید. مشاهدات میدانی در سه بخش ترمینال ۱ (حدود ۱۲۵۰۰ مترمربع)، ترمینال ۲ (حدود ۱۴۵۰۰ مترمربع) و عرصه‌های بیرونی شامل مسیرهای دسترسی، فضاهای نیمه‌باز و محدوده باند انجام گرفت. این محدوده‌ها با توجه به تراکم تردد، گزارش نارضایتی صوتی و فاصله از استانداردهای جهانی انتخاب شدند تا تجربه شنیداری در فضاهای عملکردی مختلف فرودگاه و نقش منظر و فضای سبز در ادراک صوتی کاربران ارزیابی شود.

گردآوری داده‌ها و ابزارها: برای ارزیابی جامع کیفیت شنیداری و تجربه ادراکی کاربران در فرودگاه مهرآباد، داده‌ها به‌صورت ترکیبی از اندازه‌گیری‌های صوتی، اطلاعات محیطی و داده‌های ادراکی جمع‌آوری شد تا وضعیت عینی نویز و برداشت ذهنی کاربران به‌طور همزمان سنجیده شود.

سنجش صوت: اندازه‌گیری میدانی سطح فشار صوت در محدوده‌های مختلف فرودگاه انجام شد تا تصویر دقیقی از شدت و توزیع نویز در فضاهای پرتردد به‌دست آید. ابزار اندازه‌گیری، اپلیکیشن Sound Meter 10.5 Pro بود که بر روی تلفن هوشمند نصب و پیش از هر نوبت برداشت به‌صورت دستی کالیبره شد. این نرم‌افزار قادر به ثبت شاخص‌های کلیدی LAeq (سطح معادل فشار صوت) و Lmax (حداکثر شدت صوت) در بازه‌های زمانی ده‌دقیقه‌ای است و در مطالعات صوت شهری و محیطی نیز کارایی آن تأیید شده است. در مجموع ۶۱ نقطه در ساعات روز و ۲۲ نقطه در ساعات شب به‌صورت هدفمند انتخاب و مورد سنجش قرار گرفتند. موقعیت نقاط به گونه‌ای تعیین شد که مجموعه‌ای از فضاهای عملکردی گوناگون شامل ترمینال‌های ۱ و ۲، مسیرهای دسترسی، فضاهای خدماتی و نواحی مجاور باند پرواز را پوشش دهد. در هر نقطه، میکروفون در ارتفاع تقریبی ۱٫۵ متر از سطح زمین و با فاصله حداقل یک متر از موانع قرار گرفت. برای هر برداشت، میانگین و حداکثر شدت صوت ثبت شد و رویدادهای غیرمعمول (مانند هشدارهای اضطراری یا ازدحام لحظه‌ای) نیز به‌صورت دستی یادداشت گردید تا در تحلیل نهایی کنترل شوند.

داده‌های محیطی و مکانی: همزمان با سنجش صوت، داده‌های محیطی شامل دما، رطوبت نسبی و سرعت باد در هر نقطه ثبت شد تا امکان تحلیل رابطه شرایط اقلیمی با شدت نویز فراهم شود. نوع کاربری فضا (عملیاتی، خدماتی، عبوری، نیمه‌باز یا بیرونی)، میزان تراکم تردد و فاصله از باند یا محورهای حرکتی اصلی نیز به‌عنوان داده‌های مکانی ثبت گردید. پردازش داده‌ها در ArcGIS 10.8.2 و QGIS 3.28 انجام شد و نقشه‌های پهنه‌بندی LAeq و Lmax و همپوشانی آنها با متغیرهای محیطی تولید شد تا نواحی بحرانی نویز و فضاهای مستعد مداخله منظر مشخص شود.

داده‌های ادراکی: برای سنجش برداشت ذهنی کاربران از محیط شنیداری، پرسشنامه‌ای با محوریت ادراک منظر صوتی میان کارکنان بخش‌های مختلف فرودگاه توزیع شد. انتخاب کارکنان به‌دلیل مواجهه مستمر با نویز و آگاهی دقیق‌تر آنان از کیفیت صوتی محیط صورت گرفت. در این پژوهش، ادراک ذهنی-روانی به برداشت کارکنان از میزان مزاحمت، کیفیت شنیداری و اثرات هیجانی-روان‌شناختی اصوات محیطی اطلاق می‌شود؛ مؤلفه‌ای که ترکیبی از تجربه شنیداری، شرایط بصری فضا و وضعیت عملکردی محیط را در بر می‌گیرد. ادراک شنیداری در پیوند با شرایط بصری فضا و ویژگی‌های عملکردی محیط معنا می‌یابد و این موضوع در طراحی پرسشنامه نیز لحاظ شد. پرسشنامه شامل سه محور بود: اطلاعات جمعیت‌شناختی، ارزیابی ادراک اصوات و میزان آزدگی یا آرامش و نگرش نسبت به نقش فضاهای سبز. گویه‌های اصلی پرسشنامه میزان آزدگی از منابع مختلف صوتی، تأثیر نویز بر تمرکز و عملکرد شغلی، احساس آرامش یا تنش در فضاهای مختلف، و نقش حضور پوشش گیاهی یا دید سبز در کاهش استرس شنیداری را ارزیابی می‌کردند. برخی گویه‌ها با مقیاس معنایی دوقطبی و بخشی دیگر با مقیاس لیکرت طراحی شدند. داده‌ها پس از کدگذاری در IBM SPSS 27 تحلیل شد؛ تحلیل‌ها شامل توصیف ویژگی‌های نمونه، محاسبه همبستگی شاخص‌های فیزیکی صوت (LAeq و Lmax) با متغیرهای ادراکی و آزمون‌های استنباطی برای مقایسه گروه‌ها بود. رضایت آگاهانه اخذ و هویت پاسخ‌دهندگان محرمانه ماند. برای تقویت سنجش ادراک چندحسی، بخشی از پرسشنامه شامل ارزیابی تصاویر فضاهای دارای و فاقد سبزی‌نگی و نیز واکنش کارکنان به نمونه‌های صوتی ضبط‌شده از منابع اصلی نویز فرودگاهی بود.

تحلیل داده‌ها: تحلیل داده‌ها با هدف شناسایی پیوند میان شاخص‌های صوتی، متغیرهای ادراکی و مؤلفه‌های منظر انجام شد. رویکرد پژوهش سه‌لایه است: تحلیل آکوستیکی و مکانی، تحلیل ادراکی-آماري، و تفسیر تلفیقی یافته‌ها.

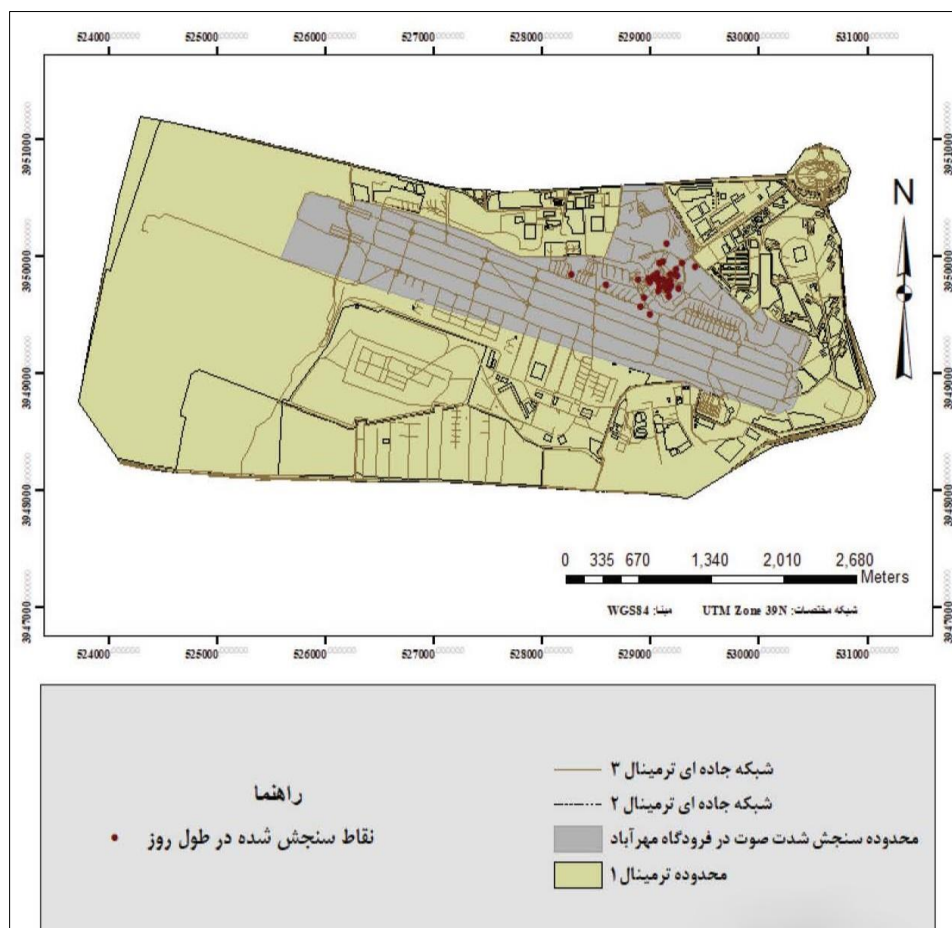
تحلیل آکوستیکی و زمینه مکانی: داده‌ها در ArcGIS تحلیل و نقشه پراکنش منابع صوتی تهیه شد (شکل‌های ۱ و ۲). بیشینه نویز در مجاورت باند پرواز، رمپ تاکسی‌ها و ورودی‌های ترمینال بود. فضاهای نیمه‌داخلی با تراکم گیاهی بیشتر افت نسبی ۵ تا ۸ دسی‌بل نشان دادند. این تفاوت مکانی مبنای زون‌بندی سایت به سه محدوده عملکردی شد: نواحی بحرانی (بالای ۷۵ دسی‌بل)، نواحی میان‌ریسک (۶۵-۷۵ دسی‌بل) و نواحی قابل قبول (زیر ۶۵ دسی‌بل). مطالعات میدانی و مشاهده کاربران نیز تأیید کرد که در ساعات صبحگاهی، تراکم حرکتی و بازتاب صوت از سطوح سخت بیشترین آزدگی شنیداری را ایجاد می‌کند.

تحلیل ادراکی و روانی: داده‌های پرسشنامه با نرم‌افزار IBM SPSS 27 تحلیل شدند. آمار توصیفی جدول ۱ نشان می‌دهد که میانگین رضایت از کیفیت شنیداری (۳/۱ از ۵) کمتر از حد مطلوب است و بیش از ۶۰ درصد کارکنان سطح نویز محیط را «زیاد» یا «خیلی زیاد» ارزیابی کرده‌اند. بر اساس جدول ۲، میان شدت نویز ادراک‌شده و احساس آرامش رابطه منفی و معنی‌داری وجود دارد ($r = -0.62$, $P < 0.01$). درحالی‌که شاخص سبزی‌نگی ادراک‌شده با رضایت صوتی رابطه مثبت نشان می‌دهد ($r = +0.58$, $P < 0.01$). این نتایج نشان می‌دهد که حضور مؤثر عناصر طبیعی نه تنها شدت نویز ادراک‌شده را تعدیل می‌کند، بلکه کیفیت ذهنی تجربه شنیداری را نیز بهبود می‌دهد. این تحلیل‌ها امکان مقایسه برداشت ذهنی کارکنان در فضاهای مختلف را فراهم کرد و نشان داد که تفاوت‌های کالبدی و دیداری، حتی در شرایط دسی‌بل مشابه، موجب تفاوت معنی‌دار در ادراک آرامش یا آزدگی می‌شود. آزمون ANOVA (جدول ۳) تفاوت معنی‌داری میان گروه‌های شغلی نشان داد ($F = 4.37$, $P = 0.013$) و کارکنان واحدهای عملیاتی نزدیک باند، بیشترین آزدگی صوتی و کمترین رضایت ادراکی را داشتند. همچنین، احساس آرامش در میان

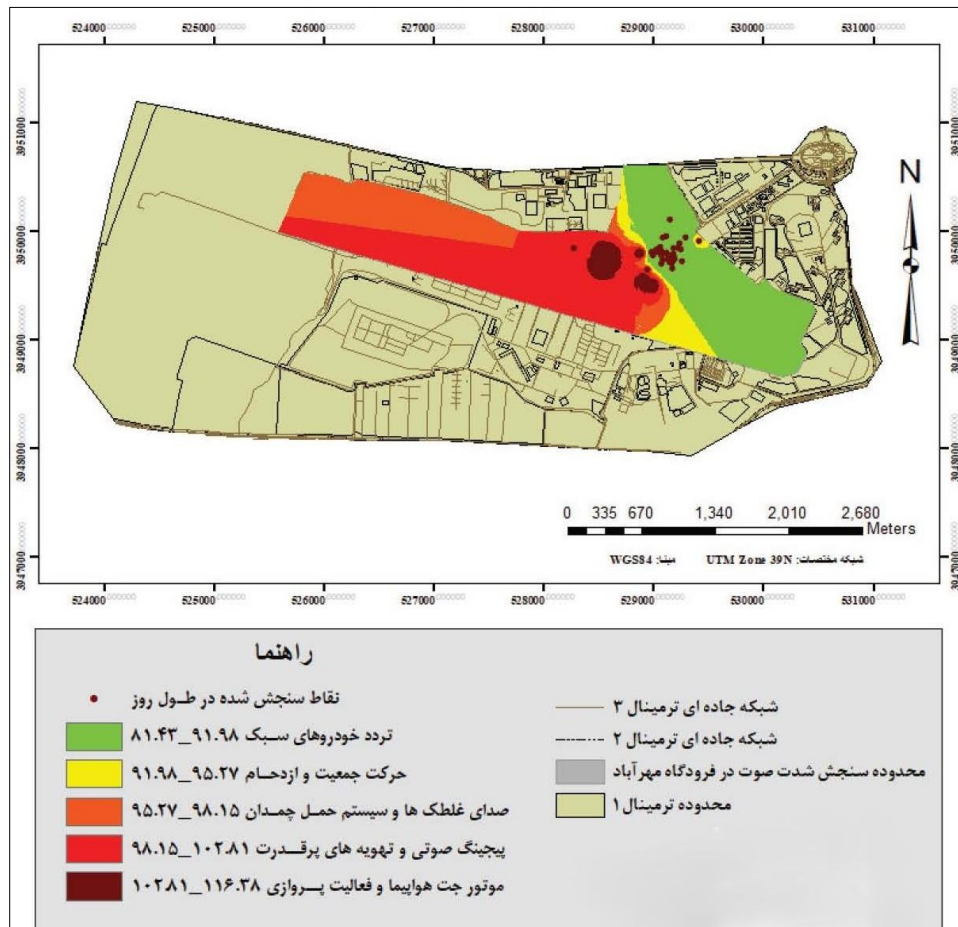
زنان اندکی بیشتر از مردان بود و افرادی که به نقش طراحی منظر در کاهش نویز باور داشتند، رضایت شنیداری بالاتری گزارش کردند ($P < 0.05$).

یافته‌های پژوهش

الگوهای مکانی و منابع اصلی نویز در فرودگاه مهرآباد: با اتکا به جانمایی نقاط سنجش (شکل ۱) و نقشه پراکنش منابع مزاحم (شکل ۲)، الگوی آلودگی صوتی در سایت از منطق مکانی مشخصی تبعیت می‌کند.



سه پهنه پریسک شناسایی شد: حاشیه‌های باند و تاکسی‌وی‌ها، عرصه‌های دسترسی سواره در جلوی ترمینال‌ها و گلوگاه‌های درون‌ساختمانی. در میان گلوگاه‌ها، کانترهای پرواز بار صوتی به‌مراتب بالاتری داشتند و برای کارکنان کانتر، منبع اصلی آلودگی شنیداری گزارش شد. مشاهده ازدحام صبحگاهی (شکل ۳) این الگو را تأیید می‌کند: همزمانی چگالی حرکت، اعلان‌های صوتی و بازتاب از سطوح سخت تالارهای بلند ترمینال‌ها به‌خصوص سقف ترمینال‌ها که هیچ گونه عایق آکوستیکی نداشت، آلودگی صوتی و پراکنش آن را تشدید می‌کند.



شکل ۲- نقشه پراکنش و دسته‌بندی منابع آلودگی صوتی در طول روز، فرودگاه مهرآباد تهران. منبع: نگارنده؛ تحلیل مکانی در ArcGIS، ۱۴۰۴

در مقابل، فضاهای نیمه‌داخلی که حضور پیوسته‌تر فضای سبز دارند مانند ردیف درختچه، فلاورباکس‌ها، یا باغچه‌های خطی کاهش نسبی فشار صوت و بهبود ملموس کیفیت ادراک شنیداری را نشان دادند؛ در این نقاط افتی حدود ۵ تا ۸ dB (A) نسبت به پیرامون ثبت شد. از دید طراحی، آرایش کالبدی شکسته (فرورفتگی‌های بدنه، احجام مبلمان ثابت) در کنار تداوم عناصر سبز، مسیر انتشار صدا را می‌شکند و زمینه آرامش ادراکی را تقویت می‌کند.

الگوی نويز صرفاً تابع فاصله از باند نیست؛ حاصل برهم‌کنش مورفولوژی فضا، مسیرهای حرکت و میزان حضور فضای سبز است. همچنین، مسئله فقط «کاهش عددی دسی‌بل» نیست؛ پیوند مستقیم با آسایش و سلامت روان کاربران دارد. هرچا پیوستگی عناصر سبز و شکست کالبدی افزایش یافته، آستانه تحمل شنیداری کارکنان بالاتر رفته و رضایت ادراکی بهبود یافته است.

یافته‌های ادراکی و آماری کارکنان فرودگاه: پرسشنامه ادراک منظر صوتی میان ۵۰ نفر از کارکنان بخش‌های مدیریتی، خدماتی، کانترهای پرواز و عملیات خط پروازی توزیع شد تا برداشت ذهنی آنان از کیفیت محیط شنیداری و رابطه آن با فضاهای سبز و ویژگی‌های کالبدی بررسی شود. کارکنان به دلیل حضور مستمر در فضاهای پرنویز و تماس طولانی‌مدت با منابع صوتی انتخاب شدند. نتایج توصیفی نشان داد بیشتر شرکت‌کنندگان سطح آلودگی صوتی محیط کاری را «زیاد» یا «خیلی زیاد» ارزیابی کرده و میانگین رضایت شنیداری را کمتر از حد متوسط (۳۰/۱ از ۵) گزارش کرده‌اند (جدول ۲). بخش عمده شکایات به نواحی مجاور کانترهای پرواز و مسیرهای ارتباطی اصلی مربوط بود، یعنی نقاطی با همپوشانی تراکم انسانی، بازتاب از سطوح سخت و کمبود فضای سبز.

جدول ۲- آمار توصیفی متغیرهای ادراکی مربوط به کیفیت صوتی محیط فرودگاه از دیدگاه کارکنان
(نظرسنجی پیمایشی) منبع: یافته‌های میدانی نویسنده (۱۴۰۴)

انحراف معیار	میانگین	حداکثر	حداقل	تعداد
۰/۹۶۸	۳/۹۶	۵	۱	۵۰
۰/۹۰۰	۴/۰۸	۵	۲	۵۰
۰/۸۱۵	۴/۲۲	۵	۳	۵۰
۰/۹۲۷	۳/۷۲	۵	۲	۵۰
۰/۷۴۱	۴/۳۲	۵	۳	۵۰
۱/۰۴۷	۴/۰۸	۵	۱	۵۰
۰/۹۰۴	۳/۸۰	۵	۱	۵۰
				۵۰

بر پایه نتایج همبستگی پیرسون (جدول ۳)، بین شدت آلودگی صوتی ادراک شده و احساس آرامش ذهنی رابطه‌ای منفی و معنی‌دار وجود دارد ($r = -0.62, P < 0.01$). در مقابل، میان میزان حضور یا ادراک فضای سبز و رضایت از کیفیت شنیداری، همبستگی مثبت و معنی‌دار مشاهده شد ($r = +0.58, P < 0.01$). این الگو نشان می‌دهد که حتی بدون کاهش محسوس در شدت فیزیکی صدا، صرف حضور عناصر طبیعی در چشم‌انداز محیطی، باعث کاهش آلودگی ذهنی و بهبود برداشت کاربران از کیفیت فضا می‌شود. نتایج آزمون تحلیل واریانس یک‌طرفه (ANOVA) تفاوت معنی‌داری میان گروه‌های شغلی نشان داد (جدول ۴، $F = 4.37, P = 0.013$) کارکنان بخش‌های عملیاتی نزدیک باند بیشترین نارضایتی و خستگی شنیداری را گزارش کردند، در حالی که کارکنان فضاهای داخلی و اداری، به‌ویژه نواحی دارای پوشش یا دید سبز، ادراک آرامش و کیفیت صوتی مطلوب‌تری داشتند. این امر نشان می‌دهد کیفیت ادراک شنیداری فقط تابع شدت صوت نیست و عوامل مکانی و دیداری نیز نقش دارند.

جدول ۳- ماتریس همبستگی پیرسون بین متغیرهای ادراکی مرتبط با نویز محیطی و نقش منظر سبز در فضای کاری فرودگاه مهرآباد
منبع: نگارنده (۱۴۰۴)

	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7
ضریب همبستگی پیرسون	۱	۰/۳۶۵**	۰/۰۰۳	۰/۳۸۹**	۰/۲۱۰	-۰/۰۳	۰/۱۶۸
اثر فضای سبز / کاهش استرس Q1							
سطح معنی‌داری (دوطرفه)		۰/۰۰۹	۰/۹۸۴	۰/۰۰۵	۰/۱۴۴	۰/۸۳۶	۰/۲۴۴
تعداد پاسخ‌دهندگان	۵۰	۵۰	۵۰	۵۰	۵۰	۵۰	۵۰
ضریب همبستگی پیرسون	۰/۳۶۵**	۱	۰/۳۵۳*	۰/۳۵۴*	۰/۳۱۴*	۰/۱۹۹	۰/۰۸۹
آرامش در فضای سبز Q2							
سطح معنی‌داری (دوطرفه)		۰/۰۰۹	۰/۰۱۲	۰/۰۱۲	۰/۰۲۷	۰/۱۶۵	۰/۵۳۹
تعداد پاسخ‌دهندگان	۵۰	۵۰	۵۰	۵۰	۵۰	۵۰	۵۰
ضریب همبستگی پیرسون	۰/۰۰۳	۰/۳۵۳*	۱	۰/۴۰۱**	۰/۱۹۲	۰/۳۴۶*	۰/۳۰۶*
اثر نویز / کیفیت وظایف Q3							
سطح معنی‌داری (دوطرفه)		۰/۹۸۴	۰/۰۱۲	۰/۰۰۴	۰/۱۸۲	۰/۰۱۴	۰/۰۳۱
تعداد پاسخ‌دهندگان	۵۰	۵۰	۵۰	۵۰	۵۰	۵۰	۵۰
ضریب همبستگی پیرسون	۰/۳۸۹**	۰/۳۵۴*	۰/۴۰۱**	۱	۰/۱۲۴	۰/۲۲	۰/۳۳۱*
سالن انتظار سبز / کیفیت صوت Q4							
سطح معنی‌داری (دوطرفه)		۰/۰۰۵	۰/۰۱۲	۰/۰۰۴	۰/۳۹۰	۰/۱۲۵	۰/۰۱۹
تعداد پاسخ‌دهندگان	۵۰	۵۰	۵۰	۵۰	۵۰	۵۰	۵۰
ضریب همبستگی پیرسون	۰/۲۱۰	۰/۳۱۴	۰/۱۹۲	۰/۱۲۴	۱	۰/۰۳۹	۰/۳۸۶**
ورودی پر تراکم سبز / بدون تراکم سبز Q5							
سطح معنی‌داری (دوطرفه)		۰/۱۴۴	۰/۰۲۷	۰/۱۸۲	۰/۳۹۰	۰/۷۸۹	۰/۰۰۶
تعداد پاسخ‌دهندگان	۵۰	۵۰	۵۰	۵۰	۵۰	۵۰	۵۰

۰/۳۱۷*	۱	۰/۰۳۹	۰/۲۲	۰/۳۴۶*	۰/۱۹۹	-۰/۰۳۰	ضریب همبستگی پیرسون	نویز/تحریک پذیری Q6
۰/۰۲۵		۰/۷۸۹	۰/۱۲۵	۰/۰۱۴	۰/۱۶۵	۰/۸۳۶	سطح معنی داری (دوطرفه)	
۵۰	۵۰	۵۰	۵۰	۵۰	۵۰	۵۰	تعداد پاسخ دهندگان	
۱	۰/۳۱۷*	۰/۳۸۶**	۰/۳۳۱*	۰/۳۰۶*	۰/۰۸۹	۰/۱۶۸	ضریب همبستگی پیرسون	آلودگی صوتی کلی Q7
۰/۰۲۵		۰/۰۰۶	۰/۰۱۹	۰/۰۳۱	۰/۵۳۹	۰/۲۴۴	سطح معنی داری (دوطرفه)	
۵۰	۵۰	۵۰	۵۰	۵۰	۵۰	۵۰	تعداد پاسخ دهندگان	

***. همبستگی در سطح ۰/۰۱ (دوطرفه) معنی دار است. *. همبستگی در سطح ۰/۰۵ (دوطرفه) معنی دار است.

جدول ۴- نتایج آزمون تحلیل واریانس یک طرفه (ANOVA) برای بررسی تفاوت متغیرهای ادراکی براساس سطوح ادراک آلودگی صوتی در محیط کاری فرودگاه مهرآباد منبع: نگارنده (۱۴۰۴)

سطح معنی داری	آماره F	میانگین مجذورات	درجه آزادی	مجموع مجذورات	
۰/۲۸۳	۱/۳۰۴	۱/۰۳۰	۴	۴/۱۲۱	بین گروهی
		۰/۷۹۰	۴۵	۳۵/۵۵۹	درون گروهی
			۴۹	۳۹/۶۸۰	کل
۰/۰۶۳	۲/۴۱۶	۱/۸۶۰	۴	۷/۴۳۹	بین گروهی
		۰/۷۷۰	۴۵	۳۴/۶۴۱	درون گروهی
			۴۹	۴۲/۰۸۰	کل
۰/۲۱۷	۱/۵۰۳	۰/۷۹۲	۴	۳/۱۶۸	بین گروهی
		۰/۵۲۷	۴۵	۲۳/۷۱۲	درون گروهی
			۴۹	۲۶/۸۸۰	کل
۰/۰۰۳	۴/۵۷۹	۳/۸۸۲	۴	۱۵/۵۲۹	بین گروهی
		۰/۸۴۸	۴۵	۳۸/۱۵۱	درون گروهی
			۴۹	۵۳/۶۸۰	کل
۰/۰۲۰	۳/۲۵۰	۲/۲۴۲	۴	۸/۹۶۶	بین گروهی
		۰/۶۹۰	۴۵	۳۱/۰۳۴	درون گروهی
			۴۹	۴۰/۰۰۰	کل

از نظر متغیرهای فردی، تفاوت معنی داری میان جنسیت‌ها مشاهده شد؛ کارکنان زن نسبت به مردان احساس آرامش بیشتری در محیط‌های سبز گزارش کردند ($P < 0.05$). همچنین افراد با سابقه کاری کمتر از پنج سال نویز را آزاردهنده‌تر توصیف کردند که بیانگر تطابق نیافتگی اولیه با شرایط صوتی است. این تفاوت‌ها تأکید می‌کند که تجربه شنیداری در محیط‌های پرتردد صرفاً فیزیکی نیست و از عوامل انسانی و ادراکی تأثیر می‌پذیرد. در جمع‌بندی، نتایج نشان می‌دهد فضاهای سبز و منظرهای طبیعی علاوه بر تعدیل فیزیکی نویز، نقش روانی و ادراکی نیز دارند و توسعه آنها به‌ویژه در مجاورت کانتراهای پرواز و مسیرهای پرتردد می‌تواند تنش صوتی را کاهش و رضایت شغلی و سلامت روانی کارکنان را بهبود دهد.

تبیین ارتباط میان ادراک صوتی و ویژگی‌های محیطی: تحلیل تلفیقی داده‌های میدانی نشان داد که برداشت ذهنی از کیفیت شنیداری الزاماً با میزان واقعی آلودگی صوتی هم‌راستا نیست. در برخی فضاها، با وجود شدت صدای نسبتاً بالا، حضور پوشش گیاهی یا دید بصری به عناصر طبیعی باعث شد کاربران محیط را آرام‌تر و دلپذیرتر ارزیابی کنند. در مقابل، محیط‌های سخت و فاقد فضای سبز حتی در سطوح آلودگی صوتی متوسط آزاردهنده‌تر ادراک شدند. این یافته بیانگر نقش اثرات

روان محیطی طبیعت در کاهش فشار ذهنی ناشی از نویز است. به‌طور کلی، کیفیت شنیداری مطلوب در فرودگاه نتیجه هم‌افزایی سه عامل اصلی است: تراکم فضای سبز، سامان کالبدی فضا و میزان تماس کاربران با طبیعت. بر این اساس، طراحی منظر باید فراتر از کنترل شدت صدا، بر بهبود تجربه ذهنی و احساس آرامش تمرکز کند تا محیط‌های کاری زیست‌پذیرتر و پایدارتر شکل گیرد.

بحث و نتیجه‌گیری

یافته‌های این پژوهش نشان داد که کیفیت ادراک شنیداری در فضاهای پرتردد نظیر پایانه‌ها و ترمینال‌های هوایی، صرفاً تابع شدت صوت یا شاخص‌های فیزیکی نیست، بلکه حاصل برهم‌کنش مؤلفه‌های شنیداری، دیداری و کارکردی فضا است. تحلیل داده‌ها نشان داد که تغییرات هندسی، مصالح سخت و حجم فضایی علاوه بر ویژگی‌های آکوستیکی، برداشت کاربران از آرامش، نظم و قابلیت زیست‌پذیری را نیز شکل می‌دهند؛ نتیجه‌ای که با مطالعات قبلی همسوست (Zhang et al., 2019)، زیرا آنها نیز بر نقش ادراک چندحسی در بازسازی ذهنی و تجربه ترمیمی فضاهای سبز تأکید کرده‌اند. به‌ویژه در فضاهای بسته و پرانکاس مانند محدوده گیت‌های بازرسی و کانترهای پرواز، که میانگین LAeq آنها در روز و شب عمدتاً در طبقه «آزاردهنده» قرار داشت، سطح ناراضایتی و استرس شنیداری بالاتری گزارش شد؛ در مقابل، فضاهای نیمه‌باز و با شکست کالبدی بیشتر مانند سالن تحویل بار و کافه‌های انتظار، با وجود قرارگرفتن در بازه دسی‌بل نسبتاً نزدیک، به‌طور نسبی «قابل تحمل» ارزیابی شدند. در این راستا، شاخص‌های فضایی معرفی‌شده (Xu et al., 2024) چون تنوع لکه‌ها و پیچیدگی منظر، می‌توانند مبنایی برای تحلیل و طراحی منظر صوتی در محیط‌های ساخته‌شده باشند.

مطالعات پیشین بر این باورند که سازماندهی بصری و چیدمان فضا می‌تواند شدت احساس آزار شنیداری را تعدیل کند (Abdul Hamid et al., 2023) و هماهنگی میان تصویر و صدا عاملی تعیین‌کننده در تجربه ادراکی محیط است (Aletta and Kang, 2018). یافته‌های این پژوهش نیز نشان داد که صرف کاهش نویز برای بهبود تجربه شنیداری کافی نیست و همزمانی تنوع صوتی و پویایی دیداری حس سرزندگی و آرامش را افزایش می‌دهد. مقایسه داده‌های روز و شب نیز نشان داد که اگرچه شدت صوت در برخی نقاط طی شب اندکی کاهش می‌یابد، اما در فضاهای بسته و دارای بازتاب بالا، احساس آزرده‌گی کاربران همچنان در سطح بالایی باقی می‌ماند و تفاوت زمانی نقش تعیین‌کننده ندارد. این نتایج با دیدگاه قبلی همسوست (Truax, 2022) که شنیدن را فرآیندی شناختی-ادراکی می‌داند و بر پیوند آن با فضا و فعالیت‌های انسانی تأکید می‌کند؛ بنابراین طراحی آکوستیکی فضاهای عمومی باید در تعامل با مؤلفه‌های دیداری و رفتاری کاربران انجام شود.

در پیوند با بوم‌آواشناسی، پژوهش حاضر نشان می‌دهد که ادغام منابع صدای طبیعی در طراحی و برنامه‌ریزی محیطی، می‌تواند کارکردی فراتر از کاهش نویز داشته باشد. همان‌طور که مطالعات (Farina et al., 2011; Chen et al., 2022) تأکید کرده‌اند، صداهای زیستی و طبیعی شاخصی از سلامت اکولوژیک‌اند و به‌واسطه «فرضیه طاقچه آکوستیک»، بازتابی از وضعیت محیط‌زیستی به‌شمار می‌روند. یافته‌های میدانی این پژوهش نیز بیان کرد که حضور عناصر طبیعی و آوای پرندگان در نواحی باز فرودگاهی موجب افزایش آرامش و کاهش استرس شنیداری کاربران می‌شود؛ نتیجه‌ای که هم‌راستا با دیدگاه Pijanowski و همکاران (۲۰۱۱) درباره نقش صداهای زیوفونیک در ترمیم ادراک محیط است. این الگو در بخش‌های داخلی نیز مشاهده شد؛ به‌گونه‌ای که کارکنان در ارزیابی تصاویر سالن انتظار دارای عناصر سبز، میزان آرامش ادراک‌شده را به‌طور معنی‌داری بالاتر از فضاهای فاقد سبزی‌نگی گزارش کردند.

از منظر مدیریتی، نتایج نشان می‌دهد که ترکیب اقدام‌های کالبدی و سیاستی در مدیریت منظر صوتی بیشترین اثر را دارد. تجربه موفق تجربه نشانه‌گذاری مناطق سکوت (Ferguson et al., 2024) و کارکرد پوشش گیاهی در جذب و پراکنش صوت (Maleki and Hosseini, 2011) نشان می‌دهد که با کمرندهای سبز، مصالح نرم و زون‌بندی عملکردی می‌توان کیفیت ادراک شنیداری فضاهای حمل‌ونقلی را بهبود داد. در این پژوهش نیز طراحی «کمرندهای زیست‌صوتی» پیرامون ترمینال‌ها به‌عنوان راهکاری برای کاهش آلودگی صوتی و تقویت پیوند ادراکی کاربر با طبیعت پیشنهاد شد. با این حال، یافته‌ها تأیید می‌کنند که در محیط‌های فرودگاهی، ترکیب نویزهای حمل‌ونقلی به‌ویژه هواپیما، ترافیک جاده‌ای و ماشین‌آلات زمینی، موجب

افزایش آزردهی شنیداری و کاهش احساس تعلق محیطی می‌شود. تحلیل ترکیبی داده‌ها نشان داد که تضاد میان شدت صوت و برداشت ذهنی کاربران عمدتاً ناشی از ویژگی‌های کالبدی و سازمان فضایی است؛ به‌طوری‌که فضاهای با تراکم حرکتی بالا و بازتاب سطحی بیشتر، حتی در آستانه‌های صوتی مشابه، آزردهی ادراکی شدیدتری ایجاد می‌کنند. مطالعات نیز بر اثرات هم‌افزایی نویزهای ترکیبی و پیامدهای سلامت ساکنان پیرامون فرودگاه‌ها تأکید دارند (Gerolymatou et al., 2019; Liu et al., 2024). بر همین اساس، به‌کارگیری نقشه‌برداری پویا، موانع آکوستیکی چندلایه و کنترل هم‌زمان زمان‌بندی پروازها می‌تواند مدیریت چشم‌انداز شنیداری را بهبود دهد. این نتایج با رویکرد زیست‌صوتی در طراحی معماری همسو است (Lima et al., 2025)؛ رویکردی که صداها را شاخص سلامت محیط و ابزاری برای تقویت حس تعلق می‌داند. یافته‌های میدانی حاضر نیز نشان داد حضور صداها طبیعی مانند باد، آب و پرندگان، ادراک مثبت کاربران را به‌طور معنی‌داری افزایش می‌دهد. یافته‌ها نشان داد که همپوشانی لایه‌های مکانی، ادراکی و آکوستیکی، سه گلوگاه اصلی را در مسیرهای حرکتی، فضاهای بسته پرتردد و نواحی مجاور باند آشکار کرد؛ نقاطی که بیشترین هم‌زمانی میان دسی‌بل بالا و آزردهی ذهنی گزارش شدند. به‌اختصار، این مطالعه با تلفیق داده‌های آکوستیکی، بصری و رفتاری، چارچوبی چندحسی برای ارزیابی فضاهای فرودگاهی ارائه می‌کند که می‌تواند معیارهای طراحی انسان‌محور و کیفیت‌های نامحسوس تجربه مکانی را بازتعریف کند. در جمع‌بندی، توسعه ابزارهای تحلیلی چندحسی و فناوری‌های هوشمند پایش صدا، زمینه طراحی‌های اکولوژیک و پاسخ‌گو را فراهم می‌سازد و به شکل‌گیری فضاهایی می‌انجامد که در آن صدا جزئی از هویت مکان است، نه مزاحم آن.

References

- Abdul Hamid, N.H., Zainal Abdullah, M.E., Othmani, N.I., Mohamed, S.A., Yeo, L.B., Wan Mohamad, W.S.N., Ramlee, N., Ujang, N., 2023. Visual perception factors on the soundscape of urban shopping streets: Environmental factors. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 1167(1), 012047.
- Aletta, F., Kang, J., 2018. Towards an Urban Vibrancy Model: A Soundscape Approach. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 15(8), 1712.
- Alvarsson, J.J., Wiens, S., Nilsson, M.E., 2010. Stress Recovery during Exposure to Nature Sound and Environmental Noise. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 7(3), 1036-1046.
- AYIK, K.K., Ilgürel, M.N., 2024. Integration of psychoacoustic parameters into acoustic design: The impact of architectural design factors on the indoor soundscape of airport terminal buildings. *Megaron* 19(4).
- Babadi, N., Mohammadi Rouzbahan, M., Hemadi, K., 2019. Study of noise pollution and noise annoyance in residential areas affected by sound of Ahvaz international airport. *Journal of Environmental Science and Technology* 4(21), 1-13. (In Persian)
- Bar-Sinai, K.L., Shaked, T., Fettahoglu, E.S., Krimm, J., Boucsein, B., 2023. Embedding Acoustic Analysis in Landscape Architecture Design Processes: A Case Study of Munich Airport. *Buildings* 13(1), 143.
- Brander, L.M., Koetse, M.J., 2011. The value of urban open space: Meta-analyses of contingent valuation and hedonic pricing results. *Journal of Environmental Management* 92(10), 2763-2773.
- Cao, X., Hsu, Y., 2021. RETRACTED: The Effects of Soundscapes in Relieving Stress in an Urban Park. *Land* 10(12), 1323.
- Chen, Z., Hermes, J., Liu, J., von Haaren, C., 2022. How to integrate the soundscape resource into landscape planning? A perspective from ecosystem services. *Ecological Indicators* 141, 109156.
- Ekici, F., Orhan, G., Gümüş, Ö., Bahce, A.B., 2022. A policy on the externality problem and solution suggestions in air transportation: The environment and sustainability.
- Farina, A., Lattanzi, E., Malavasi, R., Pieretti, N., Piccioli, L., 2011. Avian soundscapes and cognitive landscapes: Theory, application and ecological perspectives. *Landscape Ecology* 26(9), 1257-1267.
- Ferguson, L.A., Taff, B.D., Blanford, J.I., Mennitt, D. J., Mowen, A. J., Levenhagen, M., White, C., Monz, C.A., Francis, C.D., Barber, J.R., Newman, P., 2024. Understanding park visitors' soundscape perception using subjective and objective measurement. *PeerJ* 12, e16592.

- Galbrun, L., Ali, T.T., 2013. Acoustical and perceptual assessment of water sounds and their use over road traffic noise. *The Journal of the Acoustical Society of America* 133(1), 227-237.
- Gerolymatou, G., Rémy, N., Vogiatzis, K., Zafiropoulou, V., 2019. Assessing Health Effects and Soundscape Analysis as New Mitigation Actions Concerning the Aircraft Noise Impact in Small- and Middle-Size Urban Areas in Greece. *Environments* 6(1), 4.
- Gul, Z.S., Çalışkan, M., Özyurt, Z.B., 2020. Acoustical design challenges of public interiors: cultural centers and terminal buildings. In *Proceedings of Meetings on Acoustics* (Vol. 42, No. 1, p. 015002). Acoustical Society of America.
- Hong, J. Y., Lam, B., Ong, Z.T., Ooi, K., Gan, W. S., Kang, J., Yeong, S., Lee, I., Tan, S.T., 2021a. A mixed-reality approach to soundscape assessment of outdoor urban environments augmented with natural sounds. *Building and Environment* 194, 107688.
- Hong, J.Y., Lam, B., Ong, Z.T., Ooi, K., Gan, W.S., Kang, J., Yeong, S., Lee, I., Tan, S.T., 2021b. A mixed-reality approach to soundscape assessment of outdoor urban environments augmented with natural sounds. *Building and Environment* 194, 107688.
- Jahani, A., Seiri, H., 2021. The impact of urban vegetation cover in noise pollution reduction using artificial neural network. *Urban Structure and Function Studies* 8(27), 161-179.
- Jensen, H.A.R., Rasmussen, B., Ekholm, O., 2018. Neighbour and traffic noise annoyance: a nationwide study of associated mental health and perceived stress. *European Journal of Public Health* 28(6), 1050-1055.
- Lima, E., Mateus, L., Arruda, A., 2025. Bio-acoustic Design Principles through the Integration of Sound, Nature and Multisensory Features into Bio-Architecture. 2025.
- Liu, M., Gao, Z., Chang, F., Zhao, W., Wang, J., Ma, H., Wang, C., 2023. Passengers' perception of acoustic environment in the airport terminal: a case study of Tianjin Binhai International Airport. *Buildings* 13(10), 2585.
- Liu, Q., Gao, K., Song, L., Liu, L., Luo, Y., 2024a. Investigation on multiple traffic noise near an airport and their effect on nearby residents. *Scientific Reports* 14(1), 1-23.
- Liu, Q., Gao, K., Song, L., Liu, L., Luo, Y., 2024b. Investigation on multiple traffic noise near an airport and their effect on nearby residents. *Scientific reports* 14(1), 29680.
- Lugten, M., Karacaoglu, M., White, K., Kang, J., Steemers, K., 2018. Improving the soundscape quality of urban areas exposed to aircraft noise by adding moving water and vegetation. *The Journal of the Acoustical Society of America* 144(5), 2906-2917.
- Lugten, M., Wuite, G., Peng, Z., Tenpierik, M., 2024. Assessing the influence of street canyon shape on aircraft noise: Results from measurements in courtyards near Amsterdam Schiphol Airport. *Building and Environment* 255, 111400.
- Makovsky, L., 2025. The impact of noise on green open space value. *Journal of Environmental Management*, 379, 124594.
- Maleki, K., Hosseini, S.M., 2011. Investigation of the effect of leaves, branches and canopies of trees on noise pollution reduction. *Annals of Environmental Science* 5(1), 3.
- Morawetz, U.B., Klaiber, H.A., Zhao, H., 2024. The impact of traffic noise on the capitalization of public walking area: A hedonic analysis of Vienna, Austria. *Journal of Environmental Management* 353, 120060.
- Pijanowski, B.C., Villanueva-Rivera, L.J., Dumyahn, S.L., Farina, A., Krause, B.L., Napoletano, B.M., Gage, S.H., Pieretti, N., 2011. Soundscape Ecology: The Science of Sound in the Landscape. *BioScience* 61(3), 203-216.
- Putra, D. E., Dewantoro R, D., Prayitno, H., Rubiono, G., Kuncoro, W., Anam, K., 2024. Using Urban Vegetation to Reduce Airport Noise: An Eco-Friendly and Economical Solution. *International Journal of Natural Science Studies and Development (IJOSS)* 1(2), 86-94.
- Puyana-Romero, V., Cueto, J.L., Caizapasto-Sánchez, I.S., Marcillo-Calispa, G.E., 2022. Assessing the soundscape appropriateness in the vicinity of a heliport in an urban park of Quito (Ecuador) using immersive audio-visual scenarios. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 19(10), 6116.
- Truax, B., 2022. Speech, music, soundscape and listening: interdisciplinary explorations. *Interdisciplinary Science Reviews* 47(2), 279-293.
- Ugolini, F., Massetti, L., Calaza-Martínez, P., Cariñanos, P., Dobbs, C., Krajter Ostoić, S., Marin, A.M., Pearlmutter, D., Saaroni, H., Šaulienė, I., Vuletić, D., Sanesi, G., 2022. Understanding the

- benefits of public urban green space: How do perceptions vary between professionals and users?. *Landscape and Urban Planning* 228, 104575.
- Van Renterghem, T., 2019. Towards explaining the positive effect of vegetation on the perception of environmental noise. *Urban Forestry & Urban Greening* 40, 133-144.
- Wittmer, A., Müller, A., 2021. The environment of aviation. In *Aviation systems: Management of the integrated aviation value chain* (pp. 79-117). Cham: Springer International Publishing.
- Xu, X., Baydur, C., Feng, J., Wu, C., 2024. Integrating spatial-temporal soundscape mapping with landscape indicators for effective conservation management and planning of a protected area. *Journal of Environmental Management* 356, 120555.
- Yang, L., Chen, Z., Zhen, M., 2024. Effects of thermal-acoustic interaction on airport terminal's indoor thermal comfort: A case study in cold region of China. *Journal of Building Engineering* 86, 108834.
- Zhang, T., Liu, J., Li, H., 2019. Restorative effects of multi-sensory perception in urban green space: a case study of urban park in Guangzhou, China. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 16(24), 4943.