

## تحلیل و ارزیابی مدل سلسله مراتبی پایداری محیط زیستی فرودگاهها

مقاله علمی - پژوهشی

علی عبدی کردانی<sup>\*</sup>، استاد، گروه برنامه ریزی حمل و نقل، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه بین المللی امام خمینی(ره)، قزوین، ایران  
محمدامین ابراهیم زاده، دانشجوی دکتری، گروه برنامه ریزی حمل و نقل، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران  
ناهید امینی، دانشجوی دکتری، گرایش راه و ترابری، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه بین المللی امام خمینی(ره)، قزوین، ایران  
<sup>\*</sup>پست الکترونیکی نویسنده مسئول: [aliabdi@eng.ikiu.ac.ir](mailto:aliabdi@eng.ikiu.ac.ir)

دریافت: ۱۴۰۲/۰۲/۲۷ - پذیرش: ۱۴۰۲/۰۷/۲۵

صفحه ۱۲۸-۱۱۱

### چکیده

از نیازهای مهم برای کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه ایجاد سیستم حمل و نقل کامل، منظم، گسترده و کارآمد است. ولی همان طور که روند هر توسعه‌ای به خصوص توسعه در صنعت حمل و نقل دارای یک سری خصوصیات و ویژگی‌های مهم را باید دارا باشد. که در کنار آن ویژگی‌های منفی اینگونه توسعه را نیز باید در نظر گرفت تا توسعه‌ی ما حالتی پایدار پیدا کند. رعایت اصول ارزیابی محیط زیستی پروژه‌های عمرانی قبل از اجرای پروژه و در مطالعات اولیه و فاز یک آن پروژه دارا است و هدف تحقیق، ارائه‌ی الگو ارزیابی پایداری محیط زیستی فرودگاهها است. برای دستیابی به هدف مذکور، شاخصها در چارچوب مدل وزنی سلسله مراتبی، وزن‌دهی گردیدند و برای تحلیل داده‌ها، از نرم افزار اکسل استفاده شده است. شاخص‌های این تحقیق برای ارزیابی پایداری محیط زیستی فرودگاهها براساس پرسشنامه خبرگان در نمره دهی معیارها عبارتند از: آلودگی هوا با وزن ۰،۴۳، آلودگی صوتی با وزن ۰،۲۸، کاربری زمین ۰،۱۲، عوامل بیولوژیکی با وزن ۰،۱۱، عوامل هیدرولوژیکی با وزن ۰،۰۷ می‌باشد. همچنین در این تحلیل، کارشناسان در بازدید میدانی به این نتیجه رسیدند فرودگاه رشت با وزن ۰،۲۰۶، رتبه اول، فرودگاه مهاباد با وزن ۰،۱۹۵ رتبه دوم و فرودگاه آبادان با وزن ۰،۴۸۴ رتبه سوم را کسب کرده است.

واژه‌های کلیدی: ارزیابی پایداری، مدل AHP، فرودگاه، محیط زیستی، آلودگی

### ۱-مقدمه

راه‌اندازی کسب‌وکارهای جدید تحت تأثیر قرار دهد [Muñoz, 2020] فرودگاهها یکی از مهم‌ترین عناصر صنعت حمل‌ونقل هوایی هستند، بنابراین بررسی اثرات اقتصادی، اجتماعی و محیط زیستی ناشی از فعالیت آنها برای ایجاد درکی عمیق و برنامه‌ریزی برای آینده، بسیار ضروری و مهم است. [Collins, Nadybal, & Grineski, 2020]. در این پژوهش، چهارچوب مشخصی برای بررسی تأثیرات ناشی از عملکرد فرودگاهها در قالب مفاهیم ارزیابی پایداری فرودگاهها ارائه شده است. تبعات محیط زیستی ناشی از فعالیت فرودگاهها غیرقابل چشم‌پوشی است. امروزه مسائل محیط زیستی در کنار ایمنی یکی از مهم‌ترین فاکتورها در تحلیل عملکرد فرودگاه تبدیل شده است؛ آلودگی صوتی، هوا

از نیازهای مهم برای کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه، ایجاد سامانه‌ی حمل‌ونقل کامل، منظم، گسترده و کارآمد است. ولی همان‌طور که می‌دانیم هر توسعه‌ای به خصوص توسعه در صنعت حمل‌ونقل دارای یک سری خصوصیات و ویژگی‌های مهم می‌باشد که در کنار آن ویژگی‌های منفی اینگونه توسعه را نیز باید در نظر گرفت تا توسعه ما حالتی پایدار پیدا کند. صنعت حمل‌ونقل هوایی و فرودگاهها، نقش غیرقابل‌انکاری در توسعه پایدار اجتماعی، اقتصادی و محیط زیستی نواحی پیرامون خود دارند. این اثرات تنها محدود به تأثیرات ناشی از عملکرد فرودگاهها بر نواحی همسایه خود نبوده بلکه می‌تواند ناحیه‌ی وسیع‌تری را با جذب سرمایه‌گذاری‌ها، ایجاد دسترسی و ایجاد ناحیه‌ی مناسب برای

و خاک از جمله این تبعات است. فعالیت‌های مرتبط با صنعت هوایی یکی از اصلی‌ترین منابع ایجاد بسیاری از آلودگی‌های محیط زیستی و به‌ویژه آلودگی هوا می‌باشد که می‌تواند تأثیر بالقوه‌ای بر سلامت انسان‌ها داشته باشد. یکی از ضروری‌ترین و اصلی‌ترین مراحل برای افزایش سطح ایمنی در فرودگاه‌ها ارزیابی ریسک خطرات محیط زیستی می‌باشد. این خطرات ممکن است در اثر خطاهای انسانی یا نقص تجهیزات به وجود آیند. ارزیابی ریسک فرآیند کلی تخمین میزان ریسک و تصمیم‌گیری در خصوص قابل‌پذیرش بودن آن می‌باشد. در این پژوهش به ارائه‌ی الگوی ارزیابی پایداری محیط زیستی فرودگاه‌ها پرداخته می‌شود. در این مقاله به ۳ سوال زیر پرداخته می‌شود:

۱. معیارهای زیست محیطی محیطی برای فرودگاه چیست؟

۲. اهمیت و وزن هر معیار محیطی زیستی چیست؟

۳. نحوه ارزیابی فرودگاه بر اساس معیارهای محیطی زیستی چگونه است؟

ادامه مقاله در ۴ بخش تدوین شده است. در بخش ۲ مروری بر ادبیات موضوع پرداخته می‌شود. در بخش ۳ روش شناسی و فرضیات و بررسی پرسشنامه برای مدل ارائه شده است. در بخش ۴ به جامعه آماری و مدل سازی پرداخته شده است. در بخش ۵ نتایج مربوط به مدل و فرضیات ارائه شده است.

## ۲- پیشینه تحقیق

فرودگاه‌ها یکی از مهم‌ترین عناصر صنعت حمل‌ونقل هوایی هستند؛ بنابراین بررسی اثرات اقتصادی، اجتماعی و محیط زیستی ناشی از فعالیت آن‌ها برای ایجاد درکی عمیق و برنامه‌ریزی برای آینده، بسیار ضروری و مهم است. چهارچوب مشخصی برای بررسی تأثیرات ناشی از عملکرد فرودگاه‌ها در قالب مفاهیم توسعه پایدار ارائه شده. توسعه پایدار به معنی توسعه و پیشرفت نسل حاضر با حفظ منابع برای توسعه نسل آینده است. توسعه پایدار یک مفهوم پیچیده است که جنبه‌های مختلفی را دربر می‌گیرد. در پایداری، سه جنبه اقتصادی، محیط زیستی و اجتماعی باهم به‌طور کامل در تعامل هستند و اغلب محققان در قالب این سه جنبه‌ی اصلی (محیط زیستی، اجتماعی و اقتصادی)، پایداری را بررسی می‌کنند. توسعه پایدار باید رشد اجتماعی را که در آن نیازهای همه افراد برآورده شده، فراهم آورد، حفاظت مؤثری از محیط‌زیست به عمل آورده و در مصرف منابع طبیعی با دقت عمل کند و این توسعه باید رشد پایدار اقتصادی و رونق

اقتصادی را به همراه داشته باشد. از نیازهای مهم برای کشورهای توسعه‌یافته و درحال توسعه، ایجاد سامانه حمل‌ونقل کامل، منظم، گسترده و کارآمد می‌باشد. ولی همان‌طور که می‌دانیم هر توسعه‌ای به‌خصوص توسعه در صنعت حمل‌ونقل دارای یک سری خصوصیات و ویژگی‌های مهم می‌باشد، که در کنار آن ویژگی‌های منفی این‌گونه توسعه را نیز باید در نظر گرفت تا توسعه ما حالتی پایدار پیدا کند. [معمارمنتظرین و همکاران ۱۳۹۸]. سال ۲۰۱۴ سالی است که صدسال از راه‌اندازی اولین خط هوایی که بین سنپترزبورگ و تامپا است می‌گذرد. از آن زمان به بعد حمل‌ونقل هوایی و تجارت آن بسیار گسترده شده است. [Singh, Dalei, & Raju, 2016]. بر اساس آمار سازمان حمل‌ونقل هوایی بین‌المللی، سالانه این شیوه‌ی سفر، ۳ میلیارد نفر و ۵۰ میلیون تن بار جابجا می‌کند و حدود ۵۶۶ میلیون کار ایجاد کرده است. [Gegg, Budd, & Ison, 2014]. به‌طور تاریخی ارتباط بین رشد اقتصادی و رشد حمل‌ونقل هوایی قوی است. تعداد مسافر هوایی از سال ۱۹۶۰ تاکنون برای هر سال حدود ۹٪ در حال افزایش است. [Weber, 2021]

با رشد و توسعه این شیوه، مشکلات محیط زیستی و اجتماعی مختلفی رخ داده است، برای مثال دادگاهی در لندن در مورد مشکلات خواب و پروازهای در شب و ایجاد مزاحمت برای ساکنان آنجا شکایت کرده است [Lee et al., 2010]. معروف‌ترین تعریف از توسعه پایدار توسط کمسیون جهانی محیط‌زیست ارائه گردیده که در منابع مختلف ذکر شده است: توسعه‌ی توانایی انسان در برآوردن نیازهای نسل حاضر بدون به خطر انداختن توانایی نسل‌های آینده در برآوردن نیازهایشان.

در این رویکرد توسعه پایدار روندی از تغییرات است که در آن مصرف منابع، جهت‌گیری سرمایه‌گذاری و توسعه فن‌آوری علاوه بر نیازهای حاضر، سازگاری با نیازهای آینده انجام می‌شود [Haghshenas & Vaziri, 2012]. مهم‌ترین ابزار سنجش حمل‌ونقل پایدار، شاخص‌ها می‌باشند. شاخص‌های حمل‌ونقل پایدار، شاخص‌هایی هستند که پایداری حمل‌ونقل را در سه بخش محیط زیستی، اقتصادی و اجتماعی نشان می‌دهند. فصل ۴۰ دستورالعمل قرن ۲۱ بر لزوم تعریف شاخص‌های توسعه پایدار، در سطوح مختلف به‌عنوان پایه‌ای برای تصمیم‌گیرنده‌ها تأکید می‌کند. [Agenda, 1992]

ارزیابی استراتژیک محیط زیستی یکی از مهم‌ترین ابزارها برای تصمیم‌گیری‌های مربوطه است که بر اساس آن برنامه‌ریزی مکانی با اصول توسعه پایدار مکانی سازگار است. کاربرد اصلی آن در برنامه‌ریزی مکانی (استراتژیک) و شهری و همچنین در برنامه‌ریزی و طراحی سیاست‌های اثربخش در زمینه‌های انرژی، شیوه‌ی مدیریت آب، مدیریت پسماند،

یکی از کارآمدترین تکنیک‌های تصمیم‌گیری، فرایند تحلیل سلسله مراتبی است و یکی از معروف‌ترین فنون تصمیم‌گیری چندمنظوره است که اولین بار توسط توماس ال ساعتی عراقی الاصل در دهه ۱۹۷۰ ابداع گردید. فرایند تحلیل سلسله مراتبی منعکس‌کننده رفتار طبیعی و تفکر انسانی است. این تکنیک، مسائل پیچیده را بر اساس آثار متقابل آن‌ها موردبررسی قرار می‌دهد و آن‌ها را به شکلی ساده تبدیل کرده و به حل آن می‌پردازد. فرایند تحلیل سلسله مراتبی در هنگامی که عمل تصمیم‌گیری با چند گزینه رقیب و معیار تصمیم‌گیری روبروست می‌تواند استفاده گردد.

معیارهای مطرح‌شده می‌تواند کمی و کیفی باشند. اساس این روش تصمیم‌گیری بر مقایسات زوجی نهفته است. تصمیم‌گیرنده با فراهم آوردن درخت سلسله مراتبی تصمیم آغاز می‌کند. درخت سلسله مراتب تصمیم، عوامل مورد مقایسه و گزینه‌های رقیب مورد ارزیابی در تصمیم را نشان می‌دهد. سپس یک سری مقایسات زوجی انجام می‌گیرد. این مقایسات وزن هر یک از فاکتورها را در راستای گزینه‌های رقیب مورد ارزیابی در تصمیم را نشان می‌دهد.

در نهایت منطق فرایند تحلیل سلسله مراتبی به‌گونه‌ای ماتریس‌های حاصل از مقایسات زوجی را با یکدیگر تلفیق می‌سازد که تصمیم بهینه حاصل آید. اصول فرایند تحلیل سلسله مراتبی توماس ساعتی (بنیان‌گذار این روش) چهاراصل زیر را به‌عنوان اصول فرایند تحلیل سلسله مراتبی بیان نموده و کلیه محاسبات، قوانین و مقررات را بر این اصول بنا نهاده است و در ادامه به برآزش و ارائه مدل نهایی ارزیابی پایداری محیط زیستی فرودگاه‌ها، که در آن به وزن‌دهی معیارها، کالیبره کردن، اولویت‌بندی، اعتبارسنجی، نرمال‌سازی، آزمون نرخ سازگاری صورت می‌گیرد و در نهایت رتبه‌بندی صورت می‌گیرد.

#### مراحل تحقیق

به‌طورکلی تحقیق حاضر شامل مراحل زیر است:

۱. برداشت اطلاعات که به‌صورت (کتابخانه‌ای، میدانی با استفاده از پرسشنامه، آمار و اطلاعات ثبت شده) می‌باشد.
۲. مشخص کردن گزینه‌ها
۳. انتخاب متغیرهای مؤثر برای ارزیابی پایداری محیط‌زیستی فرودگاه‌ها
۴. تعیین روش
۵. ارائه وزن نهایی
۶. نتیجه‌گیری و اعتبارسنجی

#### ۴- برداشت اطلاعات

اطلاعات اخذشده از آمار و اطلاعات کلی در سطح کشور می‌باشد. فرم‌هایی برای بازدید طراحی گردید و با استفاده از منابع در دسترس (اطلاعات کتابخانه‌ای) انجام شده است. در ادامه جدول شماره ۱ نمونه پارامترهای چک لیست به‌صورت خلاصه نشان داده شده است.

حمل‌ونقل و غیره است. اجرای ارزیابی استراتژیک محیط زیستی به توسعه‌دهندگان امکان می‌دهد مزایایی را تعیین کنند و با در نظر گرفتن ظرفیت فضا برای حفظ توسعه برنامه‌ریزی‌شده و تعیین میزان قابل‌قبول بودن تغییرات مکانی پیشنهادی راه حل منطقی ارائه دهند. در این مقاله روشی خاص برای ارزیابی تأثیر نوبز فرودگاه به‌عنوان بخشی از ارزیابی استراتژیک محیط زیستی خاص ارائه شده است. ویژگی این روش در این است که اهداف، شاخص‌ها و معیارهای ارزیابی تأثیر سروصدای فرودگاه بر جمعیت را با استفاده از روش ارزیابی چند معیار که در آماده‌سازی ارزیابی استراتژیک محیط زیستی برای برنامه توسعه شهری استفاده می‌شود، در اختیار دارد. فرودگاه تیوات (مونت‌نگرو) تغییرات شدت نوبز در افق برنامه‌ریزی تا سال ۲۰۳۰، با در نظر گرفتن عوامل زیر پیش‌بینی شده است: خصوصیات جسمی، جغرافیایی و جمعیت شناختی فضا، افزایش پیش‌بینی‌شده در تعداد و ماهیت پروازهای انجام‌شده در مدت زمان برنامه‌ریزی و همچنین انواع هواپیما بر اساس این داده‌ها، مدل‌سازی پراکندگی سروصدا با استفاده از مدل IMMI انجام شد و نتایج به‌دست‌آمده در ارزیابی چند معیار به‌عنوان بخشی از ارزیابی استراتژیک محیط زیستی مورد استفاده قرار گرفت. نتایج تحقیق حاکی از افزایش چشمگیر شدت نوبز در شیوه‌ی زمان برنامه‌ریزی تا سال ۲۰۳۰ نیست و آن‌ها مبنای مناسبی برای تصمیم‌گیری‌های مربوط به توسعه آینده تیوات هستند. [Josimović, Krunić, & Nenковиć-Riznić, 2016] افزایش روزافزون مسافری و مسافرت‌های هوایی و تحول سریع صنعت حمل‌ونقل هوایی مسائلی را در مکان‌یابی فرودگاه‌ها به وجود آورده است که حل آن‌ها مستلزم به‌کارگیری دانش و فنون فرودگاهی و هوانوردی است. ایجاد فرودگاه، با ملاحظه‌ی مقتضیات آن، فضای قابل‌توجهی را در مجاور یک شهر نیاز دارد که مستلزم سرمایه‌گذاری، مطالعه همه‌جانبه اقتصادی، اجتماعی، سیاسی و محیط زیستی است و محل آن باید از نظر موقعیت جغرافیایی، زمین‌شناسی و مناسب باشد. در این راستا هدف اصلی این تحقیق تحلیلی بر مکان‌یابی فرودگاه بین‌المللی شهید بهشتی اصفهان با استفاده از روش‌های تحلیلی، میدانی (مشاهده)، مدل فرایند سلسله مراتبی و مدل تحلیل سوات و شاخص‌های استاندارد سازمان بین‌المللی هوانوردی (ایکائو) است. نتایج حاصل مشخص می‌کند که شاخص‌های استاندارد محیط زیستی و هم‌جواری با فرودگاه نظامی در مکان‌یابی فرودگاه اصفهان رعایت نشده است.

#### ۳- روش شناسی

در این مطالعه به ارائه الگو ارزیابی پایداری محیط زیستی فرودگاه‌ها با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی پرداخته می‌شود. پس از مطالعات صورت گرفته، معیارها، انتخاب و وزن‌دهی صورت می‌گیرد. تحلیل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره مدل فرایند سلسله مراتبی، مناسب به نظر می‌رسد.

جدول ۱. پارامترهای مورد استفاده در چک لیست

پارامترهای پژوهش
۱. آلودگی هوا
۲. خطرات هواپیمایی
۳. عوامل زمین شناسی
۴. عوامل بیولوژیکی
۵. کاربری های مؤثر زمین
۶. عوامل هیدرولوژیکی

بررسی سوابق موضوعی اجرای طرح‌ها و پروژه‌های عمرانی در کشور نشان می‌دهد که در برنامه‌ریزی‌های گذشته به‌مانند بسیاری از کشورهای درحال توسعه، اهمیت و ارزش‌های منابع طبیعی و محیط‌زیست از دیدگاه تصمیم‌گیران پنهان بوده و بسیاری از آن‌ها بدون توجه به ملاحظات محیطی زیستی طراحی و بهره‌برداری گردیده‌اند. حاصل و پیامدهای چنین اقداماتی بروز آلودگی‌های مختلف و تخریب و تهي سازی شدید منابع محیطی در کشور بوده است. مسلماً فرودگاه‌ها را نیز می‌توان در زمره طرح‌ها و پروژه‌های عمرانی محسوب نمود که از اثرات کوتاه و بلندمدت محیط زیستی برخوردار می‌باشند در این پژوهش به ارائه الگو ارزیابی پایداری محیط زیستی فرودگاه با توجه به داده‌های موردنظر پرداخته است.

زیادی از آلودگی هوا مخلوطی از ذرات معلق و گازهایی است که ذرات یا مواد مضر از قبیل گازها، ذرات و زیست‌مولکول‌ها وارد اتمسفر کره زمین شود. غلظت آن به محدوده مضر برای انسان رسیده است عوامل هیدرولوژیکی: تأثیر آن روی آب‌های زیرزمینی می‌باشد. عوامل بیولوژیکی (زیست بوم) تغییر در تنوع گونه‌ها و زیستگاه گونه‌ها و یا حتی از بین رفتن آن‌ها را شامل می‌شود. از مهم‌ترین بخش هر تحقیق، تجزیه و تحلیل اطلاعات است. وجود هر گونه خطا و اشتباهی در چنین بخشی می‌تواند به نتیجه‌گیری‌های نادرستی منجر گردد. انتخاب یک روش تحقیق مناسب، تا حد زیادی محقق را در جلوگیری از بروز اشتباهات در امر تحقیق یاری می‌رساند. داده‌ها و اطلاعات جمع‌آوری شده منابع خامی هستند که جهت کاربردی شدن نتایج آن‌ها بایستی توسط ابزار مناسب مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرند. در فصل سوم، راجع به روش انجام پژوهش بحث شد. لذا در این پژوهش جهت دستیابی به اهداف و پاسخ به سؤالات پژوهشی به معرفی مطالعه موردی و به تجزیه و تحلیل داده‌ها پرداخته شده است.

#### ۴-۳- نمونه آماری و روش نمونه‌گیری

در این بخش، مطالعه موردی، شناسایی شده و مورد بررسی قرار می‌گیرد. پژوهش حاضر با هدف تحلیل چندگانه اجتماعی، اقتصادی، زیست‌محیطی و نهادی و ... از سه فرودگاه ایران که پروازهای داخلی توسط آن صورت می‌گیرد،

#### ۴-۱- انتخاب معیار مؤثر ارزیابی پایداری محیط زیستی فرودگاه

انتخاب معیارهای مؤثر برای ارزیابی پایداری محیط زیستی فرودگاه یک مدل به انتخاب صحیح و مناسب معیارهای آن است. معیارهای زیادی در ارزیابی پایداری محیط زیستی فرودگاه مؤثر است، اما انتخاب معیارهای تأثیرگذار، اهمیت دارد که در این پژوهش به برخی از آن‌ها اشاره شده و مورد بررسی قرار گرفته است. هدف مدل این است که با استفاده از معیارها، ارزیابی پایداری محیط زیستی فرودگاه بررسی شود.

#### ۴-۲- معیارهای مورد ارزیابی

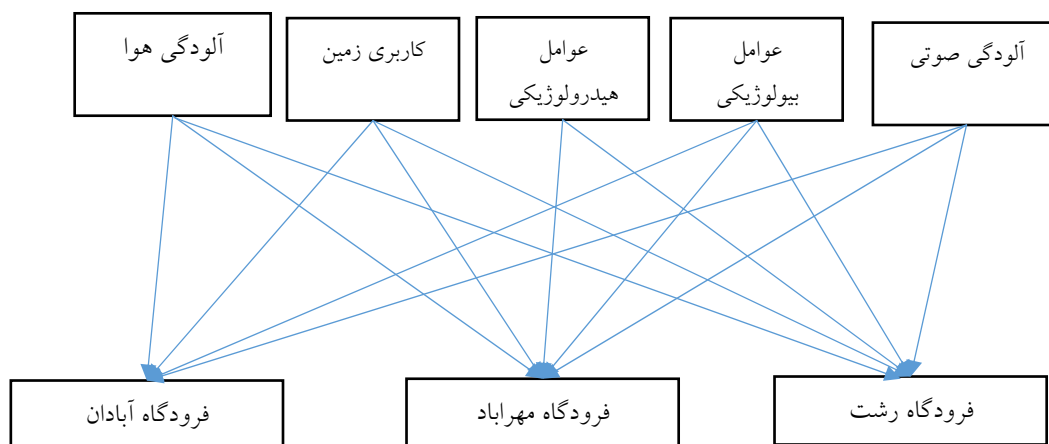
در این پژوهش برای ارزیابی پایداری محیط زیستی فرودگاه معیارهای موردنظر شامل عوامل هیدرولوژیکی، عوامل زمین‌شناسی، عوامل بیولوژیکی، خطرات هواپیمایی، کاربری بالقوه زمین، آلودگی می‌باشد. کاربری بالقوه زمین: تغییر کاربری اراضی را شامل می‌شود که در کاربری زمین اطراف فرودگاه رخ می‌دهد. منظور از آلودگی صوتی امواج ناخواسته‌ای است که در شرایط مکانی و زمانی ویژه بر فعالیت موجودات زنده به ویژه انسان تأثیر گذاشته و می‌تواند عوارض متعدد جسمی و روحی و علی‌الخصوص اختلال در اعصاب شنوایی را حاصل شود. که یکی از معیارهای اصلی ارزیابی پایداری محیط زیستی فرودگاه می‌باشد. آلودگی هوا زمانی اتفاق می‌افتد که حجم

شده در اطراف آن، راه‌اندازی مترو می‌باشد. با توجه به اینکه کاربری‌های اطراف فرودگاه مهرآباد بیشتر مسکونی می‌باشند و بزرگراه‌هایی مانند بزرگراه فتح و آیت الله سعیدی در اطراف آن می‌باشد. در شکل ۴-۳ کاربری‌های اطراف فرودگاه مهرآباد به نمایش گذاشته شده است.

#### ۴-۴- روش تجزیه و تحلیل

در این قسمت به تجزیه و تحلیل داده‌های پژوهش پرداخته می‌شود. هدف، ارائه الگوی ارزیابی پایداری محیط زیستی فرودگاه مهرآباد می‌باشد. برای دستیابی به این هدف از روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی استفاده می‌شود. ابتدا عوامل موثر شناسایی شده و پس توسط روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی وزن‌دهی و تعیین اهمیت می‌شوند. در انتها نیز رتبه‌بندی می‌شوند. کلیه محاسبات نیز در نرم افزار اکسل انجام شده است. گام اول: در روش سلسله مراتبی در ابتدا هدف نوشته می‌شود و بعد از آن گزینه، و در جایگاه بعدی معیارها قرار می‌گیرند. در این پژوهش از ۶ معیار کلی استفاده شده است. برای بدست آوردن اولویت‌بندی فرودگاه‌های مورد مطالعه می‌باشد.

سعی دارد پایداری محیط زیستی فرودگاه‌ها را با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی، مورد ارزیابی قرار دهد. منظور از آلودگی صوتی امواج ناخواسته‌ای است که در شرایط مکانی و زمانی ویژه بر فعالیت موجودات زنده به ویژه انسان تأثیر گذاشته و می‌تواند عوارض متعدد جسمی و روحی و علی‌الخصوص اختلال در اعصاب شنوایی را حاصل شود. واحد اندازه‌گیری آلودگی صوتی «دسی بل» است و آستانه تحمل گوش انسان در حدود ۱۳۰ دسی بل است. انتشار صدا بسته به اینکه در محیط باز یا بسته صورت پذیرد رفتار متفاوتی دارد. در یک محیط باز امواج صوتی بدون برخورد به مانع روند انتشار را تا مرز تباهی ادامه می‌دهند. شرایط محیطی تأثیر غیرقابل انکاری در چگونگی انتشار صدا دارد. گرچه انسان به سرو صدا عادت کرده ولی در حقیقت آلودگی صوتی یک عامل خستگی بوده و ظرفیت کار انسان را چه در مشاغل فکری و چه در شغل‌های بدنی و ساده کاهش می‌دهد آلودگی صوتی روی وضع روانی و روحی شخص اثر کرده، باعث اشکال در تطابق یافتن انسان با محیط کار و حتی اجتماعی و خانواده می‌شود که نتیجه آن کاهش بازده کار می‌باشد. تغییر کاربری اراضی و تغییر زیستگاه‌های طبیعی یکی از عوامل بسیار مهم در احداث فرودگاه در یک منطقه می‌شود. با احداث فرودگاه مهرآباد، یکی از کاربری‌های ایجاد

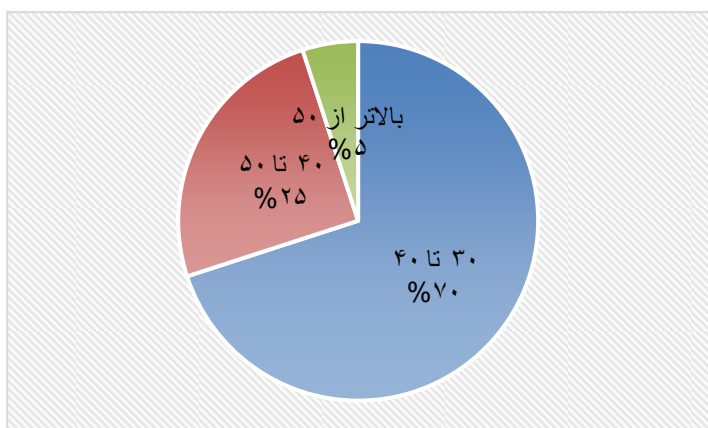


شکل ۱. تصویر سلسله مراتبی تصمیم

با توجه به جدول ۴، ۸۰ درصد از پاسخ دهندگان مرد و ۲۰ درصد زن بوده‌اند.

جدول ۳. توزیع فراوانی مربوط به سن

سن	فراوانی	درصد فراوانی
۳۰ تا ۴۰	۱۰	۷۰
۴۰ تا ۵۰	۴	۲۵
بالتر از ۵۰	۶	۵



شکل ۳. سن پاسخ دهندگان

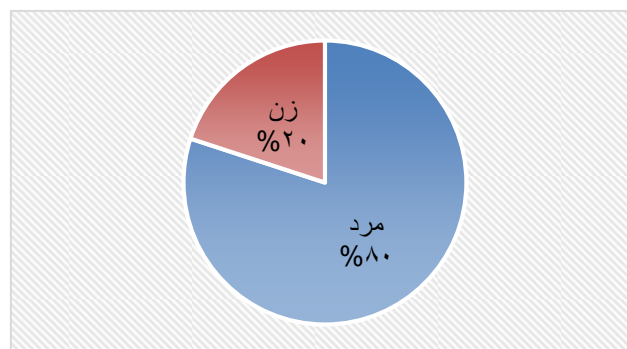
مربوط به سن بین ۴۰ تا ۵۰ سال بوده است که تنها ۲۰ درصد از پاسخ دهندگان را تشکیل می‌دهند.

گام دوم: ویژگی‌های جمعیت شناختی پاسخ دهندگان در این بخش، جهت آشنایی با تعداد پاسخ‌دهندگان به پرسش‌نامه مقایسات زوجی از جنبه: جنسیت، سن، سابقه کار و تحصیلات به توصیف ویژگی‌های جمعیت شناختی پاسخ‌دهندگان پرداخته خواهد شد.

جنسیت

جدول ۲. مربوط به جنسیت

جنسیت	فراوانی	درصد فراوانی
مرد	۱۶	۸۰
زن	۴	۲۰



شکل ۲. جنسیت پاسخ دهندگان

با توجه به جدول شماره ۴ بیشترین فراوانی پاسخ دهندگان مربوط به گروه سنی ۳۰ تا ۴۰ بوده است و کمترین فراوانی

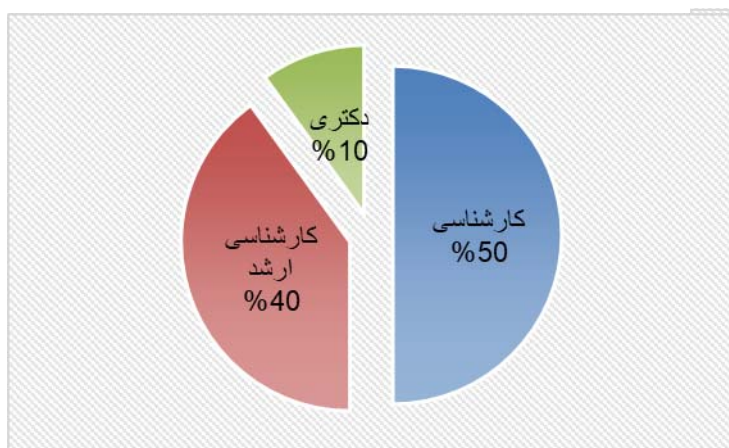
## سابقه کار

جدول ۴. توزیع فراوانی مربوط به سابقه کار

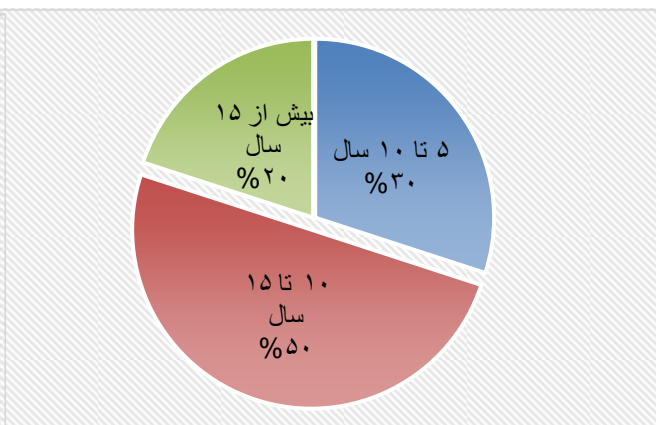
سابقه خدمت	فراوانی	درصد فراوانی
۵ تا ۱۰ سال	۶	۳۰
۱۰ تا ۱۵ سال	۱۰	۵۰
بیش از ۱۵ سال	۴	۲۰

جدول ۵. توزیع فراوانی مربوط به تحصیلات

تحصیلات	فراوانی	درصد فراوانی
کارشناسی	۱۰	۵۰
کارشناسی ارشد	۸	۴۰
دکتری	۲	۱۰



شکل ۵. تحصیلات کار پاسخ دهندگان



شکل ۴. سابقه کار پاسخ دهندگان

با توجه به جدول شماره ۵ بیشترین فراوانی پاسخ‌دهندگان دارای مدرک کارشناسی با ۵۰ درصد هستند و کمترین فراوانی مربوط به مدرک دکتری با ۱۰ درصد است. همانطور که در جدول ۵ آورده شده است برای ۶ معیار پرسشنامه‌ای توسط خبرگان پر شده است که مقدار پایایی پرسشنامه برای آلفای گرونباخ ۰٫۸۴ بدست آمده است.

با توجه به جدول شماره ۴ بیشترین پاسخ‌دهندگان دارای سابقه کاری بین ۱۰ تا ۱۵ سال بوده‌اند و کمترین فراوانی مربوط به سابقه کار بیش از ۱۵ سال با ۲۰ درصد است.

جدول ۶. پایایی پرسشنامه

آمار قابلیت اطمینان	
مقدار آلفای گرونباخ	تعداد معیار پرسشنامه
۰٫۸۴	۶

گام چهارم: تشکیل مقایسات زوجی در این بخش مقایسات زوجی معیارهای اصلی و سپس زیرمعیارها تشکیل می‌شود این مقایسات زوجی بر اساس طیف ۱ تا ۹ انجام می‌گیرد.

جدول ۷. مقایسات زوجی

کد	عبارت کلامی
۱	ترجیح برابر
۲	ترجیح کم تا متوسط
۳	ترجیح متوسط
۴	ترجیح متوسط تا زیاد
۵	ترجیح زیاد
۶	ترجیح زیاد تا خیلی زیاد
۷	ترجیح خیلی زیاد
۸	ترجیح خیلی زیاد تا کاملاً زیاد
۹	ترجیح کاملاً زیاد

در جدول شماره ۸ مقایسات زوجی معیارها را نشان می‌دهد.

جدول ۸. مقایسات زوجی معیارها

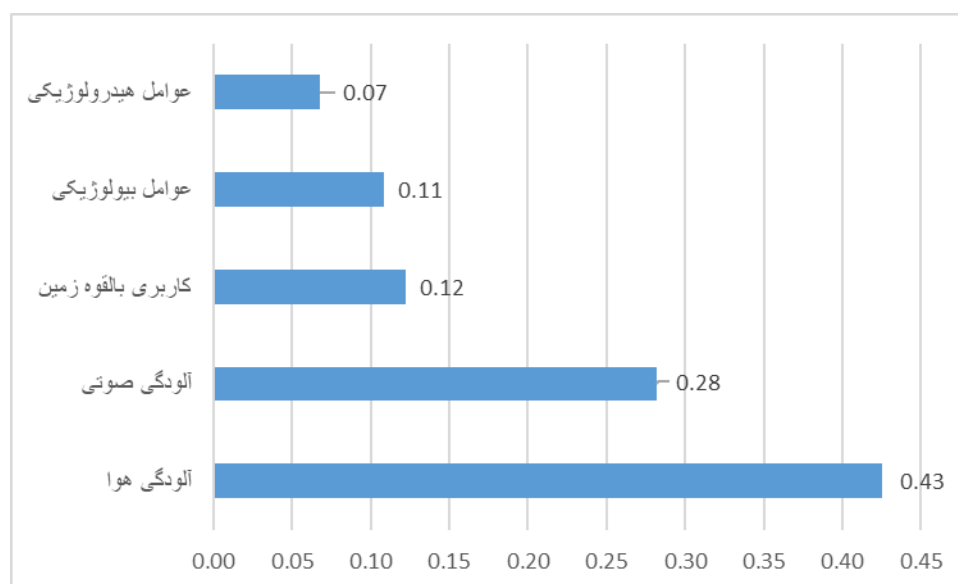
عوامل هیدرولوژیکی	عوامل بیولوژیکی	کاربری بالقوه زمین	آلودگی صوتی	آلودگی هوا	
۶,۳	۵,۲	۳,۵	۱,۵	۱,۰	آلودگی هوا
۴,۲	۳,۴	۲,۳	۱,۰	۰,۷	آلودگی صوتی
۱,۸	۱,۵	۱,۰	۰,۴	۰,۳	کاربری زمین
۱,۲	۱,۰	۰,۷	۰,۸	۰,۲	عوامل بیولوژیکی
۱,۰	۰,۸	۰,۶	۰,۲	۰,۲	عوامل هیدرولوژیکی



گام پنجم: محاسبه و نرمال در این گام ابتدا میانگین هندسی هر سطر جدول شماره ۹ را محاسبه می‌کنیم و سپس هر میانگین هندسی حاصل را بر مجموع میانگین‌های هندسی تقسیم می‌کنیم تا وزن حاصل شود. نرخ ناسازگاری این مقایسه زوجی برابر با صفر می‌باشد.

جدول ۹. وزن معیارهای اصلی

وزن نرمال	عوامل یدرولوژیکی	عوامل بیولوژیکی	کاربری زمین	آلودگی صوتی	آلودگی هوا	
۰,۴۰	۰,۴۳	۰,۴۴	۰,۴۴	۰,۲۷	۰,۴۳	آلودگی هوا
۰,۲۷	۰,۲۹	۰,۲۹	۰,۲۹	۰,۱۸	۰,۲۹	آلودگی صوتی
۰,۱۲	۰,۱۲	۰,۱۲	۰,۱۲	۰,۰۸	۰,۱۲	کاربری زمین
۰,۱۰	۰,۰۸	۰,۰۸	۰,۰۸	۰,۱۴	۰,۰۸	عوامل بیولوژیکی
۰,۰۶	۰,۰۷	۰,۰۷	۰,۰۷	۰,۰۴	۰,۰۷	عوامل هیدرولوژیکی



شکل ۷. وزن‌های معیارهای اصلی

گام ششم: مقایسات زوجی گزینه‌ها نسبت به معیارها

مقایسه زوجی گزینه‌ها نسبت به معیار کاربری بالقوه زمین در جدول شماره ۱۰ مقایسه زوجی گزینه‌ها نسبت به معیار کاربری بالقوه زمین آورده شده است نرخ ناسازگاری این مقایسه زوجی برابر با ۰/۰۵ می‌باشد.

جدول ۱۰. مقایسات زوجی گزینه‌ها نسبت به معیار کاربری بالقوه زمین

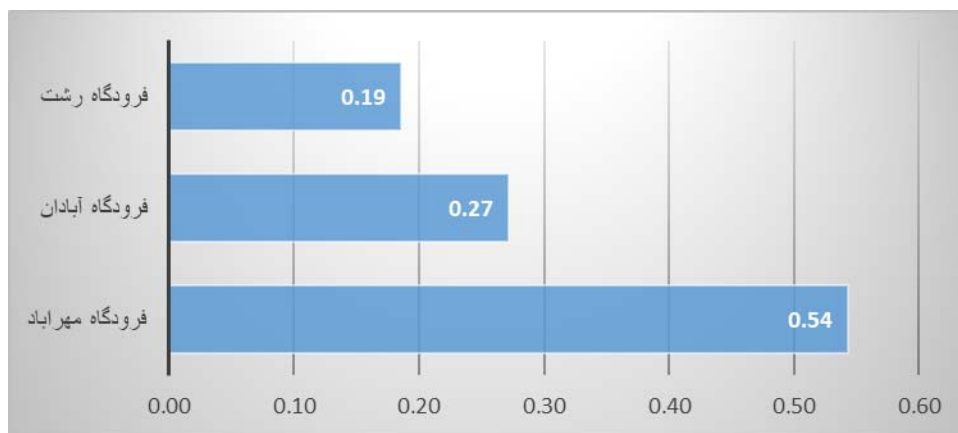
فرودگاه رشت	فرودگاه آبادان	فرودگاه مهاباد	
۳,۶	۲,۰	۱,۰	فرودگاه مهاباد
۱,۸	۱,۰	۰,۵	فرودگاه آبادان
۱,۰	۰,۷	۰,۴	فرودگاه رشت

اساس با در نظر گرفتن معیار کاربری بالقوه زمین، فرودگاه رشت رتبه اول را کسب کرده است. فرودگاه آبادان رتبه دوم و فرودگاه مهاباد رتبه سوم را کسب کرده است.

به طریق مشابه مقایسه زوجی را نرمال کرده و سپس از درایه‌های ماتریس نرمال میانگین حسابی گرفته تا وزن گزینه‌ها حاصل شود که در جدول شماره ۱۱ آورده شده است. بر این

جدول ۱۱. وزن گزینه‌ها نسبت به معیار کاربری بالقوه زمین

۰,۵۴	فرودگاه مهاباد
۰,۲۷	فرودگاه آبادان
۰,۱۹	فرودگاه رشت



شکل ۸. وزن گزینه‌ها نسبت به معیار کاربری زمین

### مقایسه زوجی گزینه‌ها نسبت به معیار آلودگی هوا

در جدول شماره ۱۲، ۴ مقایسه زوجی گزینه‌ها نسبت به معیار آلودگی آورده شده است. نرخ ناسازگاری این مقایسه زوجی برابر با ۰/۰۶ می‌باشد.

جدول ۱۲. مقایسات زوجی گزینه‌ها نسبت به معیار آلودگی هوا

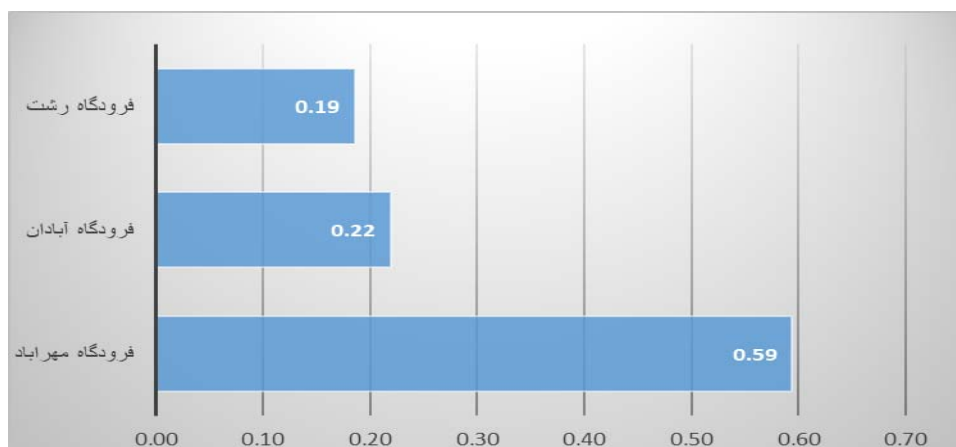
فرودگاه رشت	فرودگاه آبادان	فرودگاه مهاباد	
۲,۳	۴,۱	۱,۰	فرودگاه مهاباد
۱,۸	۱,۰	۰,۲	فرودگاه آبادان
۱,۰	۰,۶	۰,۴	فرودگاه رشت

اساس با در نظر گرفتن معیار آلودگی فرودگاه مهاباد رتبه اول را کسب کرده است. فرودگاه آبادان رتبه دوم و فرودگاه رشت رتبه سوم را کسب کرده است.

به طریق مشابه مقایسه زوجی را نرمال کرده و سپس از درایه‌های ماتریس نرمال میانگین حسابی گرفته تا وزن گزینه‌ها حاصل شود که در جدول شماره ۱۳ آورده شده است. بر این

جدول ۱۳. وزن گزینه‌ها نسبت به معیار آلودگی هوا

۰,۵۹	فرودگاه مهاباد
۰,۲۲	فرودگاه آبادان
۰,۱۹	فرودگاه رشت



شکل ۸. وزن گزینه‌ها نسبت به معیار آلودگی هوا

### مقایسه زوجی گزینه‌ها نسبت به معیار آلودگی صوتی

در جدول ۱۳، مقایسه زوجی گزینه‌ها نسبت به معیار آلودگی صوتی آورده شده است نرخ ناسازگاری این مقایسه زوجی برابر با ۰/۰۰۱ می‌باشد.

جدول ۱۳. مقایسات زوجی گزینه‌ها نسبت به معیار آلودگی صوت

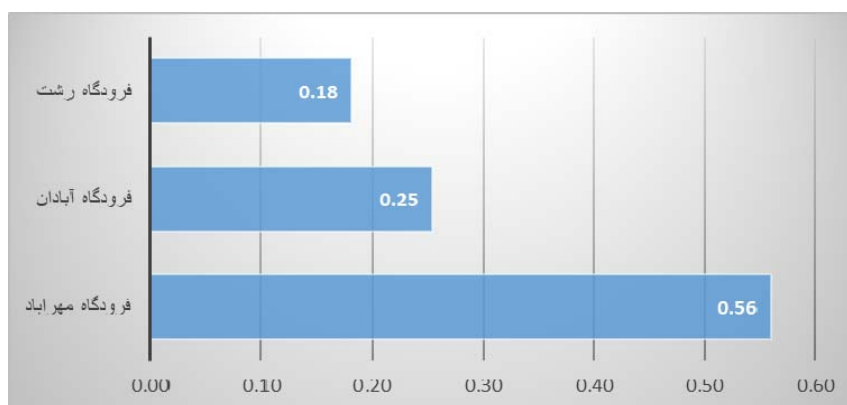
فرودگاه رشت	فرودگاه آبادان	فرودگاه مهاباد	
۲,۴	۳,۹	۱,۰	فرودگاه مهاباد
۱,۸	۱,۰	۰,۲	فرودگاه آبادان
۱,۰	۰,۶	۰,۴	فرودگاه رشت

است. بر این اساس با در نظر گرفتن معیار فرودگاه مهاباد رتبه اول را کسب کرده است. فرودگاه آبادان رتبه دوم و فرودگاه رشت رتبه سوم را کسب کرده است.

به طریق مشابه مقایسه زوجی را نرمال کرده و سپس از درایه‌های ماتریس نرمال میانگین حسابی گرفته تا وزن گزینه‌ها حاصل شود که در جدول شماره ۱۴ آورده شده

جدول ۱۴. وزن گزینه‌ها نسبت به معیار

۰,۵۶	فرودگاه مهاباد
۰,۲۵	فرودگاه آبادان
۰,۱۸	فرودگاه رشت



شکل ۹. وزن گزینه‌ها نسبت به معیار آلودگی هوا

مقایسه زوجی گزینه‌ها نسبت به معیار عوامل بیولوژیکی

در جدول شماره ۱۵، مقایسه زوجی گزینه‌ها نسبت به معیار عوامل بیولوژیکی آورده شده است نرخ ناسازگاری این مقایسه زوجی برابر با ۰/۰۷ می‌باشد.

جدول ۱۵. مقایسات زوجی گزینه‌ها نسبت به معیار عوامل بیولوژیکی

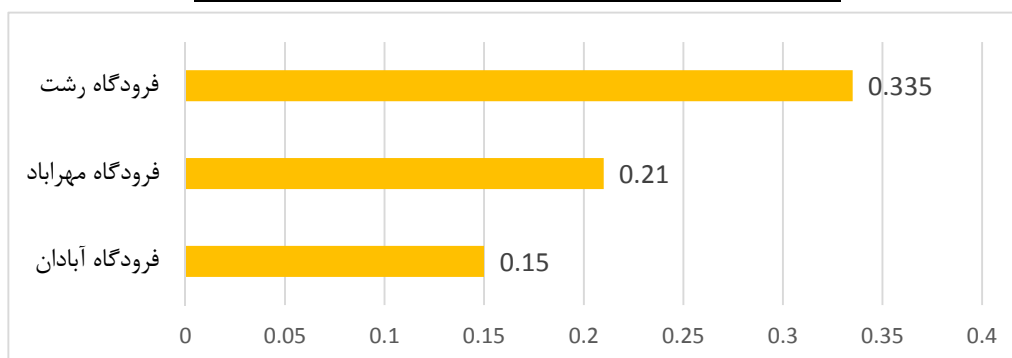
فرودگاه آبادان	فرودگاه مهاباد	فرودگاه رشت	
۱/۲۲۰	۲/۴۴۹	۱/۰۰۰	فرودگاه رشت
۱/۷۰۰	۱/۰۰۰	۰/۴۰۸	فرودگاه مهاباد
۱/۰۰۰	۰/۵۸۸	۰/۸۲۰	فرودگاه آبادان

اساس با در نظر گرفتن عوامل بیولوژیکی فرودگاه رشت رتبه اول را کسب کرده است. فرودگاه مهاباد رتبه دوم و فرودگاه آبادان رتبه سوم را کسب کرده است.

به طریق مشابه مقایسه زوجی را نرمال کرده و سپس از درایه‌های ماتریس نرمال میانگین حسابی گرفته تا وزن گزینه‌ها حاصل شود که در جدول شماره ۱۶ آورده شده است. بر این

جدول ۱۶. وزن گزینه‌ها نسبت به معیار عوامل بیولوژیکی

وزن معیار	نام محور
۰/۳۳۵	فرودگاه رشت
۰/۲۱۰	فرودگاه مهاباد
۰/۰۱۵	فرودگاه آبادان



شکل ۱۰. وزن گزینه‌ها نسبت به معیار عوامل بیولوژیکی

### مقایسه زوجی گزینه‌ها نسبت به معیار عوامل هیدرولوژیکی

در جدول شماره ۱۷ مقایسه زوجی گزینه‌ها نسبت به معیار عوامل هیدرولوژیکی آورده شده است نرخ ناسازگاری این مقایسه زوجی برابر با ۰/۰۲ می‌باشد.

جدول ۱۷. مقایسات زوجی گزینه‌ها نسبت به معیار عوامل هیدرولوژیکی

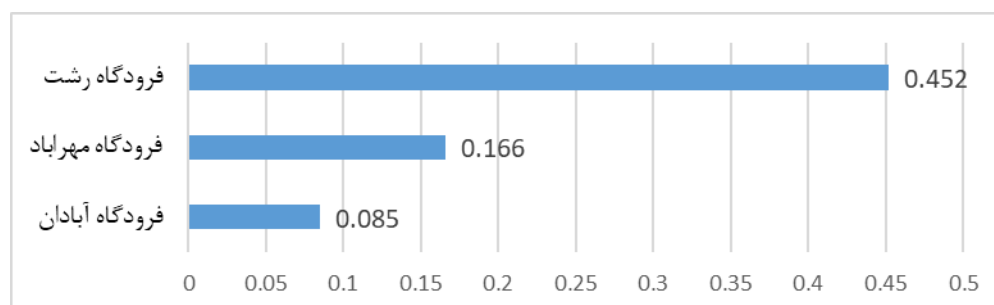
فرودگاه آبادان	فرودگاه مهرآباد	فرودگاه رشت	
۳/۷۸۰	۳/۷۴۹	۱/۰۰۰	فرودگاه رشت
۱/۵۲۴	۱/۰۰۰	۰/۲۶۷	فرودگاه مهرآباد
۱/۰۰۰	۰/۶۵۶	۰/۲۶۵	فرودگاه آبادان

اساس با در نظر گرفتن معیار عوامل هیدرولوژیکی، فرودگاه رشت رتبه اول را کسب کرده است. فرودگاه مهرآباد رتبه دوم و فرودگاه آبادان رتبه سوم را کسب کرده است.

به طریق مشابه مقایسه زوجی را نرمال کرده و سپس از درایه‌های ماتریس نرمال میانگین حسابی گرفته تا وزن گزینه‌ها حاصل شود که در جدول شماره ۱۸ آورده شده است. بر این

جدول ۱۸. وزن گزینه‌ها نسبت به معیار عوامل هیدرولوژیکی

وزن معیار	نام محور
۰/۴۵۲	فرودگاه رشت
۰/۱۶۶	فرودگاه مهرآباد
۰/۰۸۵	فرودگاه آبادان



شکل ۱۱. وزن گزینه‌ها نسبت به معیار عوامل هیدرولوژیکی

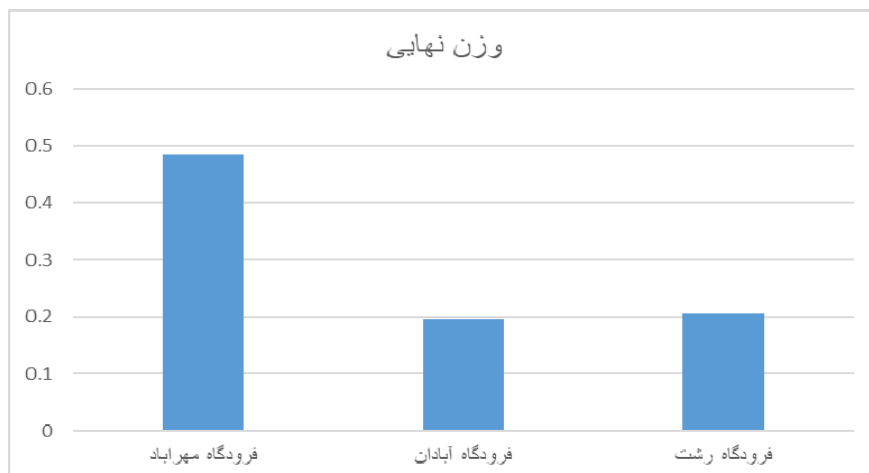
### وزن و رتبه نهایی گزینه‌ها

را کسب کرده است. فرودگاه مهاباد با وزن ۰/۱۰۳۷ رتبه دوم و فرودگاه آبادان با وزن ۰/۰۷۰۶ رتبه سوم را کسب کرده است.

وزن نهایی گزینه‌ها از ضرب وزن نسبی گزینه‌ها در وزن معیارهای اصلی حاصل می‌شود که در جدول شماره ۱۹ آورده شده است. بر این اساس فرودگاه رشت با وزن ۰/۲۱۱۱ رتبه اول

جدول ۱۹. وزن نهایی گزینه‌ها

وزن نهایی	وزن معیارها	هیدرولوژیکی عوامل	بیولوژیکی عوامل	کاربری بالقوه زمین	آلودگی صوتی	آلودگی هوا	
۰,۴۸	۰,۴	۰,۱۶۶	۰,۲۱	۰,۵۴	۰,۵۶	۰,۵۹	فرودگاه مهاباد
۰,۲۰	۰,۲۷	۰,۰۸۵	۰,۰۱۵	۰,۲۷	۰,۲۵	۰,۲۲	فرودگاه آبادان
۰,۲۱	۰,۱۲	۰,۴۵۲	۰,۳۳	۰,۱۹	۰,۱۸	۰,۱۹	فرودگاه رشت
	۰,۱						
	۰,۰۶						



شکل ۱۲. وزن و رتبه نهایی گزینه‌ها

## ۵- نتیجه گیری

پس از آن فرودگاه‌ها بررسی و با توجه به معیارهای انتخاب شده که عبارتند از: بالقوه زمین، عوامل زمین، آلودگی، خطرات هوایی، عوامل بیولوژیکی و عوامل هیدرولوژیکی می‌باشد. نظرسنجی توسط خبرگان صورت گرفت. با استفاده از مدل انتخاب شد، وزن‌دهی عوامل مورد نظر، کالیبره کردن، اولویت‌بندی، اعتبارسنجی، نرمال‌سازی و آزمون سازگاری و رتبه‌بندی برای گزینه‌ها صورت گرفت. نتایج بدست آمده در این مطالعه اهمیت معیارها براساس امتیازبندی کارشناسان به ترتیب برابر است با بالقوه زمین، عوامل زمین، آلودگی، خطرات هوایی، عوامل بیولوژیکی و عوامل هیدرولوژیکی است. همچنین در این تحلیل، کارشناسان در بازدید میدانی به این نتیجه رسیدند فرودگاه رشت با وزن ۰/۲۰۶ رتبه اول، فرودگاه مهاباد با وزن ۰/۱۹۵ رتبه دوم و فرودگاه آبادان با وزن ۰/۴۸۴ رتبه سوم را کسب کرده است.

روش تحلیل سلسله مراتبی روشی مناسب، برای کسب نظر خبرگان و متخصصان می‌باشد، اما به درستی نحوه تفکر انسانی را منعکس نمی‌کند. زیرا خبره‌ای که در حال پاسخگویی است می‌بایست نظر خود را با اعداد دقیق بیان کند و خبره قاعدتا مایل است در قضاوت‌های خود یک بازه را اعلام کند نه اینکه یک عدد ثابت و قطعی را بیان کند. در روش تحلیل سلسله مراتبی مدل مناسبی برای اولویت‌بندی گزینه‌ها (فرودگاه‌ها) است. شاخص‌های این تحقیق برای ارزیابی پایداری زیست محیطی فرودگاه‌ها براساس پرسشنامه خبرگان در نمره‌دهی معیارها عبارتند از: آلودگی هوا با وزن ۰،۴۳، آلودگی صوتی با وزن ۰،۲۸، کاربری زمین ۰،۱۲، عوامل بیولوژیکی با وزن ۰،۱۱، عوامل هیرولوژیکی با وزن ۰،۰۷ می‌باشد. هدف این تحقیق ارائه الگوی ارزیابی پایداری محیط زیستی فرودگاه‌ها با استفاده از مدل سلسله مراتبی می‌باشد، در این پژوهش ابتدا به شناسایی منطقه و شناسایی فرودگاه‌ها و سپس به تهیه چک‌لیست و بازدیدهای میدانی پرداخته شد.

## ۶- مراجع

- معمارمتظرن، سروش، ابوالحسنی، میلاد و سپهری راد، آرمین (۱۳۹۸). ارزیابی تاثیرات ناشی از فعالیت فرودگاه‌ها در چهارچوب مفاهیم توسعه پایدار، ۷۵-۸۶.
- Lee, D. S., Pitari, G., Grewe, V., Gierens, K., Penner, J. E., Petzold, A., Prather, M., Schumann, U., Bais, A., & Berntsen, T. (2010). Transport impacts on atmosphere and climate: Aviation. *Atmospheric Environment*, 44(37), 4678-4734.
- Monterrubio, C., Andriotis, K., & Rodríguez-Muñoz, G. (2020). Residents' perceptions of airport construction impacts: A negativity bias approach. *Tourism Management*, 77, 103983.
- Singh, D., Dalei, N. N., & Raju, T. B. (2016). Forecasting investment and capacity addition in Indian airport infrastructure: Analysis from post-privatization and post-economic regulation era. *Journal of Air Transport Management*, 218-225.
- Weber, L. (2021). International Civil Aviation Organization (ICAO). *International Civil Aviation Organization (ICAO)*, 1-256.
- Agenda, E. S. (1992). 21: The United Nations programme of action from Rio. *New York*.
- Collins, T. W., Nadybal, S., & Grineski, S. E. (2020). Sonic injustice: Disparate residential exposures to transport noise from road and aviation sources in the continental United States. *Journal of transport geography*, 82, 102604.
- Gegg, P., Budd, L., & Ison, S. (2014). The market development of aviation biofuel: Drivers and constraints. *Journal of Air Transport Management*, 39, 34-40.
- Haghshenas, H., & Vaziri, M. (2012). (4-Urban sustainable transportation indicators for global comparison. *Ecological Indicators*, 15(1), 115-121.
- Josimović, B., Krunić, N., & Nenković-Riznić, M. (2016). The impact of airport noise as part of a Strategic Environmental Assessment, case study: The Tivat (Montenegro) Airport expansion plan. *Transportation research part D: transport and environment*, 49, 271-279.



# **Analysis and Evaluation of the Hierarchical Model Environmental Sustainability of Airports**

*Ali Abdi Kordani, Professor, Faculty of Technical & Engineering, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran.*

*Mohamad Amin Ebrahimzadeh, Ph.D., Candidate, in Civil Engineering, Majoring in Transportation Planning, Faculty of Civil Engineering, Arts and Architecture, Tehran Science and Research, Tehran, Iran.*

*Nahid Amini, Ph.D., Road and Transportation, Technical & Engineering, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran.*

*E-mail: aliabdi@eng.ikiu.ac.ir*

Received: November 2022- Accepted: April 2023

## **ABSTRACT**

One of the important needs for developed and developing countries is to create a complete, regular, extensive and efficient transportation system. But as we know, every development, especially development in the transportation industry, has a series of important features and characteristics, in addition to which the negative characteristics of such development must be considered in order for our development to be sustainable. Observance of the principles of environmental evaluation of construction projects before the implementation of the project and in the initial studies and phase one of the projects is the aim of the research is to provide a model for assessing the environmental sustainability of airports. To achieve this goal, the indicators were weighted within the framework of the AHP weight model and Excel software was used to analyze the data. The indicators of this research to evaluate the environmental sustainability of airports based on the questionnaire of experts in scoring the criteria are: air pollution weighing 0.43, noise pollution weighing 0.28, land use 0.12, biological factors weighing 0.11, hierological factors weighing 0.07. Also in this analysis, experts in the field visit concluded that Rasht Airport with a weight of 0.206 has the first rank, Mehrabad Airport with a weight of 0.195 has the second rank and Abadan Airport with a weight of 0.484 has gained the third rank.

**Keywords:** Sustainability Assessment, AHP Model, Airport, Environment, Pollution