

بسمه تعالی



دانشکده فنی و مهندسی
گروه عمران

پایان نامه جهت دریافت درجه کارشناسی ارشد

عمران - راه و ترابری

عنوان پایان نامه:

ارزیابی آلودگی زیست محیطی ناشی از سیستم حمل و نقل
هوایی با تاکید بر مفهوم توسعه پایدار

استاد راهنما:

آقای دکتر سید جعفر حجازی

استاد مشاور:

دکتر محمود صفارزاده

نگارنده:

بیژن اسماعیل زاده

دی ماه ۸۹

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

این اثر ناچیز را تقدیم می‌کنم به :

مادر عزیزم

تو ای محرم‌ترین یارم تو ای مونس و غمخوارم

پدر عزیزم

من از تابش تو بلند اخترم بُود خاک پای تو تاج سرم

و

وجودی که دوستش دارم

سپاسگزارى

در اینجا لازم دانستم تا از استاد راهنمای محترم جناب آقای دکتر حجازى، استاندار استان خوزستان، که با وجود مشغله فراوان، همواره بنده را راهنمایی نمودند کمال تشکر را داشته باشم.

همچنین جا دارد از تمامی مسئولین فرودگاه امام خمینی (ره) که همکاری لازم را انجام دادند، تشکر کنم. در پایان از تمامی دوستانی که در این کار ما را یاری دادند، متشکرم

بیژن اسماعیلزاده

دی ماه سال ۱۳۸۹

نام خانوادگی : اسماعیل زاده	نام : بیژن
عنوان پایان نامه : ارزیابی آلودگی زیست محیطی حمل و نقل هوایی با تأکید بر مفهوم توسعه پایدار	
استاد راهنما : دکتر سید جعفر حجازی	استاد مشاور : دکتر محمود صفارزاده
درجه : کارشناسی ارشد	رشته : عمران
گرایش : راه و ترابری	
دانشگاه : شهید چمران اهواز	دانشکده : مهندسی
تاریخ فارغ التحصیلی : زمستان ۸۹	تعداد صفحات : ۱۴۹
واژگان کلیدی : حمل و نقل هوایی، آلودگی زیست محیطی، توسعه پایدار، هواپیما، فرودگاه	
<p>چکیده: به علت رشد تقاضا برای سفرهای هوایی، حمل و نقل هوایی به عنوان یکی از بخش‌های لاینفک زندگی بشر امروزی شده است. بنابراین آلودگی‌های ناشی از سیستم حمل و نقل هوایی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است، و سران و اندیشمندان را بر آن داشته است تا به دنبال راهکارهایی برای کاهش این گونه آلودگی‌ها باشند. که شامل آلودگی‌های صوتی و هوا هستند. آلودگی هوا علاوه بر اثرات مخرب در سلامتی انسان، باعث تغییرات آب و هوا نیز می‌شود. هنوز ابهامات زیادی درباره تأثیر نقش هوانوردی در تغییرات آب و هوایی وجود دارد. افزایش بهره‌وری در موتور هواپیما، طراحی آیرودینامیکی و سایر تغییرات تکنولوژیکی نقش مهمی در کاهش تغییرات آب و هوایی و ایجاد آلودگی‌ها دارد. از طرفی مدیریت تقاضا برای سفرهای هوایی در راستای سیاست‌های توسعه پایدار سه راهکار در جهت کاهش آلودگی هوا و صدا ارائه می‌کند، که شامل اعمال کردن هزینه‌های پنهان، ترغیب مسافران به جایگزینی سفرها از هوایی به ریلی و جایگزینی سیستم‌های الکترونیکی همانند، استفاده از سیستم ویدئو کنفرانس و تکنولوژی‌های مرتبط به عنوان جانشین سفرهای هوایی می‌شود. در فرودگاه امام خمینی(ره) مطالعاتی در مورد آلودگی‌های زیست محیطی صورت گرفته است، اما راهکارهای کاهش آن مورد بررسی قرار نگرفته است. بنابراین توجه به راهکارها در کاهش آلاینده‌ها در فرودگاه امام خمینی(ره) ضرورت دارد. در این تحقیق ابتدا میزان آلاینده‌های هوای هواپیما در فرودگاه امام خمینی محاسبه می‌شود. که میزان انتشار NOx در حال صعود و بیشترین مقدار را دارد و HC,CO در حال درجا کار کردن هواپیما دارای بیشترین مقدار می‌باشد. و سپس استفاده از فرضیه جایگزینی هواپیماهای B747-300,MD83,A300-600,A310-300 با هواپیماهای B787-8, A340-600, B747-400ER, A380-800 مورد بررسی قرار می‌گیرد. میزان کاهش سه آلاینده اصلی CO,NOx,HC با توجه به بانک اطلاعاتی سازمان هواپیمایی غیرنظامی جهانی در سه حالت برخاستن، صعود و درجا کار کردن هواپیماها محاسبه می‌شود. نتیجه نشان می‌دهد که افزایش‌هایی در میزان NOx در دو حالت صعود و درجا کار کردن هواپیماها دیده می‌شود. همچنین میزان آلودگی صوتی چهار هواپیمای جایگزین بالاتر هست. که از ۴ موتور اضافی در ناوگان‌های جایگزین ناشی می‌شود. همچنین نتیجه گرفت می‌شود که برای جایگزین کردن ۴ ناوگان جدید علاوه بر هماهنگ کردن ظرفیت‌ها با ناوگان موجود، توجه به میزان مصرف سوخت و بیشترین مسافتی که می‌تواند طی کند از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.</p>	

فهرست مطالب

فصل اول: کلیات طرح و ضرورت انجام تحقیق	۱
۱-۱ مقدمه	۲
۱-۲ پیشینه ی تحقیق	۳
۱-۲-۱ پیشینه ی تحقیق در جهان	۳
۱-۲-۱-۱ پیشینه ی توسعه ی پایدار	۳
۱-۲-۱-۲ پیشینه ی تحقیق درباره آلودگی هوای ناشی از سیستم حمل و نقل هوایی	۵
۱-۲-۱-۳ پیشینه ی تحقیق درباره آلودگی صوتی حمل و نقل هوایی	۵
۱-۲-۲ پیشینه ی تحقیق در ایران	۶
۱-۳ اهمیت و ضرورت تحقیق	۶
۱-۴ فرآیند و روش تحقیق	۸
۱-۵ آلاینده های ناشی از سیستم حمل نقل هوایی	۹
۱-۵-۱ خروجی های موتور هواپیما و منابع زمینی مربوط به سیستم حمل نقل هوایی	۹
۱-۵-۲ آلودگی صوتی هواپیما	۱۳
۱-۵-۲-۱ مکانیزم تولید صدا از هواپیما	۱۳
۱-۶ اثرات مخرب آلاینده های ناشی از سیستم حمل و نقل هوایی برای سلامتی بشر و لایه ازن	۱۴
۱-۶-۱ اثرات مخرب انتشار گازها و ذرات معلق از سیستم حمل و نقل هوایی	۱۴
۱-۶-۲ اثرات مخرب صدای هواپیما	۱۵
۱-۷ جمع بندی	۱۷
فصل دوم: تاثیرات حمل و نقل هوایی در تغییرات آب و هوای جهان	۱۸
۲-۱ مقدمه	۱۹
۲-۲ نیروی های تابشی حمل و نقل هوایی بر اساس مطالعات سال ۱۹۹۹ توسط هیئت تحقیقاتی تغییرات آب و هوا (IPCC)	۲۰
۲-۲-۱ روش های طراحی انتشار گازها و ذرات از سیستم حمل و نقل هوایی برای رشد در آینده	۲۰
۲-۲-۲ اثرات رایج و آینده هواپیمای زیر سرعت صوت در نیروی تابشی	۲۱
۲-۲-۳ بررسی اثرات آب و هوایی هواپیماهای زیر سرعت صوت	۲۵
۲-۲-۴ بررسی اثر هواپیماهای مافوق صوت در نیروی تابشی در حال و آینده	۲۶
۲-۳ نیروی های تابشی حمل و نقل هوایی بر اساس مطالعات سال ۲۰۰۷ توسط IPCC	۲۸
۲-۳-۱ به روز کردن تخمین نیروی های تابشی برای حمل و نقل هوایی در سال ۲۰۰۵	۳۰
۲-۳-۲ خطاهای تخمینی در نیروهای تابشی حمل و نقل هوایی سال ۲۰۰۵	۳۲

۳-۳-۲ طراحی انتشار گازها و ذرات ناشی از حمل و نقل هوایی تا سال ۲۰۵۰	۳۲
۲-۴ گزینه های کاهش انتشار گازها و ذرات از سیستم حمل و نقل هوایی	۳۴
۲-۵ جمع بندی	۳۵
فصل سوم: بررسی بهبود بهره وری انرژی در سیستم هواپیما	۳۶
۳-۱ مقدمه	۳۷
۳-۲ ادراک متداول اثرات زیست محیطی هوانوردی	۳۸
۳-۳ پیشرفت در بهره وری انرژی هواپیما	۳۹
۳-۴ سوخت های جایگزین برای کاهش استفاده انرژی و انتشار گازها و ذرات	۴۲
۳-۵ بررسی اثرات آگاهی و اطلاعات جوامع در کاهش آلاینده های هواپیما	۴۳
۳-۵-۱ فشار اجتماعی قوی، محرک اصلی کاهش صدای هواپیما	۴۴
۳-۵-۲ هزینه سوخت دلیل اصلی برای بهبود بهره وری سوخت، محرک کاهش انتشار گازها و ذرات از هواپیما	۴۶
۳-۵-۳ شتاب دادن به بهبود بهره وری انرژی هواپیما	۴۸
۳-۶ جمع بندی و توصیه ها	۴۹
فصل چهارم: اقداماتی در جهت توسعه پایدار در جلوگیری از آلودگی زیست محیطی ناشی از سیستم حمل و نقل هوایی	۵۱
۴-۱ مقدمه	۵۲
۴-۲ عواملی که در توسعه پایدار سیستم حمل و نقل هوایی تاثیر می گذارند	۵۳
۴-۲-۱ اثرات عملیات هواپیما در انتشار گازها در فرودگاه	۵۳
۴-۲-۲ اثرات طول مسیر پرواز	۵۴
۴-۲-۳ اثرات فرودگاه	۵۵
۴-۲-۴ اثرات تراکم جاده ای مربوط به سیستم حمل و نقل هوایی	۵۵
۴-۲-۵ اثرات صدای هواپیما	۵۵
۴-۳ سیاست های صدایی	۵۶
۴-۴ یک راهبرد مدیریت تقاضا برای سیستم حمل و نقل هوایی	۵۷
۴-۴-۱ منشأ مدیریت تقاضا	۵۸
۴-۴-۱-۱ اسلوب شناسی مدیریت تقاضا	۵۸
۴-۴-۱-۱-۱ هزینه پنهان	۵۸
۴-۴-۱-۱-۲ اعمال کردن هزینه های پنهان	۵۹
۴-۴-۱-۲ ترغیب مسافران به جایگزینی سفرها از هوایی به ریلی	۶۲
۴-۴-۱-۳ جایگزینی سیستم های الکترونیکی به جای سفرهای هوایی	۶۴
۴-۵ جمع بندی	۶۵

فصل پنجم: تحلیل آلودگی زیست محیطی سیستم حمل و نقل هوایی در ایران.....	۶۷
۵-۱ مقدمه	۶۸
۵-۲ تحلیل روش های محاسبه آلودگی هوای هواپیما در فرودگاه های جهان	۶۸
۵-۳ تحلیل روش های کاهش آلودگی هوای هواپیما در فرودگاه های کشور	۶۹
۵-۴ تحلیل آلاینده های هوای هواپیما در کشور	۷۱
۵-۵ تحلیل روش های کاهش آلودگی صوتی هواپیما از فرودگاه های کشور	۷۱
۵-۶ تحلیل اهمیت انتشار آلاینده ها در فرودگاه های پر ازدحام کشور	۷۲
۵-۷ بررسی مزایا و معایب زیست محیطی فرودگاه های امام خمینی (ره) و مهرآباد	۷۳
۵-۸ تحلیل ظرفیت هواپیماها در فرودگاه های مهرآباد و امام خمینی (ره)	۷۵
۵-۹ جمع بندی	۷۶
فصل ششم: آلودگی های ناشی از سیستم حمل و نقل هوایی در فرودگاه بین المللی امام خمینی (ره) و بررسی راهکارهای کاهش آن	۷۷
۶-۱ مقدمه	۷۸
۶-۲ اطلاعاتی در مورد فرودگاه بین المللی امام خمینی (ره)	۷۹
۶-۲-۱- ترمینال های فرودگاه	۷۹
۶-۲-۲- مقصد ها و طول مسیرهای پرواز از فرودگاه	۸۱
۶-۳ اندازه گیری آلودگی ها در فرودگاه امام خمینی (ره)	۸۳
۶-۳-۱ آلودگی های منابع سیار (آلاینده های خروجی خودروها)	۸۳
۶-۳-۲ استاندارد هوای پاک	۹۰
۶-۳-۳ تراز متوسط روزانه و شبانه ی صدا (صوت محیط زیست)	۹۶
۶-۴ ارزیابی وضعیت موجود	۱۰۱
۶-۵ راهکارهای کاهش آلاینده ها ناشی از فرودگاه امام خمینی (ره)	۱۰۲
۶-۵-۱ روش محاسبه انتشار گازها از منابع مختلف ناشی از فرودگاه	۱۰۲
۶-۵-۲ محاسبه شدت انرژی در هواپیما	۱۰۳
۶-۵-۳ اعمال کردن هزینه های پنهان در فرودگاه امام خمینی (ره)	۱۰۴
۶-۵-۴ استفاده از ناوگان جدید در فرودگاه امام خمینی (ره)	۱۰۴
۶-۵-۵ اصلاح الگوی انتقال زمینی به فرودگاه و برعکس	۱۰۵
۶-۵-۶ درخت کاری در محوطه فرودگاه	۱۰۵
۶-۶ راهکارهای کاهش آلودگی صوتی در فرودگاه امام خمینی (ره)	۱۰۶
۶-۷ محاسبه آلودگی های مربوط به هواپیما و بررسی روش های کاهش آلاینده ها در فرودگاه امام خمینی (ره)	۱۰۸

۶-۷-۱	میزان آلاینده‌ها هوا از هواپیماها در فرودگاه امام خمینی (ره).....	۱۰۸
۶-۷-۲	بررسی میزان کاهش انتشار آلاینده‌ها در فرودگاه امام خمینی (ره) بر اثر ناوگان جدید جایگزین	۱۲۶
۶-۷-۳	مقایسه آلودگی صوتی در فرودگاه امام خمینی (ره) بین ناوگان جدید جایگزین و ناوگان موجود	۱۳۷
۶-۷-۴	بررسی اثر احداث مترو از تهران به فرودگاه امام خمینی (ره) در کاهش آلاینده‌های	۱۳۸
۸-۶	جمع بندی.....	۱۳۸
	فصل هفتم: نتیجه گیری و پیشنهادات.....	۱۴۱
	نتیجه گیری.....	۱۴۲
	پیشنهادات.....	۱۴۵
	منابع و مراجع.....	۱۴۶

فهرست نمودارها

- نمودار ۱-۱: رشد در RPK بین سال های ۱۹۸۵ تا ۲۰۲۲ میلادی ۷
- نمودار ۱-۲: رشد FTK بین سال های ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۰ ۸
- نمودار ۲-۱: تخمین جهانی وسالانه میانگین کل نیروی تابشی بر اساس ۶ سناریو معرفی شده ۲۴
- نمودار ۲-۲: تخمین جهانی وسالانه میانگین نیروی های تابشی برای انتشار گازها و ذرات از هواپیمای زیر سرعت صوت در سال ۱۹۹۲ ۲۴
- نمودار ۲-۳: تخمین جهانی وسالانه میانگین نیروی های تابشی برای انتشار گازها و ذرات از هواپیمای زیر سرعت صوت در سال ۲۰۵۰ برای سناریو مرجع (Fa1) ۲۵
- نمودار ۲-۴: تخمین جهانی وسالانه میانگین نیروی های تابشی برای انتشار گازها و ذرات از هواپیمای زیر سرعت صوت وما فوق صوت در سال ۲۰۵۰ ۲۷
- نمودار ۲-۵: رشد حمل و نقل هوایی، مصرف سوخت ۲۹
- نمودار ۲-۶: رشد انتشار CO₂ هوانوردی ۲۹
- نمودار ۲-۷: تخمین جهانی وسالانه میانگین نیروی های تابشی برای انتشار گازها و ذرات هواپیما در سال ۲۰۰۵ ۳۱
- نمودار ۲-۸: اجزای نیروی تابشی هوانوردی با توجه به مطالعات IPCC ۲۰۰۷ ۳۳
- نمودار ۳-۱: تمایل تاریخی در E1 برای ناوگان تجاری وسیع آمریکا ۴۰
- نمودار ۴-۱: مقایسه ی انتشار آلاینده های هوای توسط حالات مختلف حمل و نقل ۵۴
- نمودار ۴-۲: رابطه بین فاصله و سهم بازار حمل و نقل هوایی و ریلی ۶۳
- نمودار ۶-۱: میزان CO خودروهای گازوئیل سوز ۸۶
- نمودار ۶-۲: میزان THC خودروهای گازوئیل سوز ۸۷
- نمودار ۶-۳: میزان NO_x خودروهای گازوئیل سوز ۸۸
- نمودار ۶-۴: میزان CO خودروهای بنزین سوز ۸۹
- نمودار ۶-۵: میزان NO_x خودروهای بنزین سوز ۸۹
- نمودار ۶-۶: میزان CO هوای محیط ۹۴
- نمودار ۶-۷: میزان CO هوای محیط ۹۴
- نمودار ۶-۸: میزان SO₂ هوای محیط ۹۵
- نمودار ۶-۹: میزان O₃ هوای محیط ۹۵
- نمودار ۶-۱۰: میزان ذرات معلق هوای محیط ۹۶
- نمودار ۶-۱۱: میزان NO_x در فرودگاه امام خمینی (ره) ۱۲۵
- نمودار ۶-۱۲: میزان CO در فرودگاه امام خمینی (ره) ۱۲۵
- نمودار ۶-۱۳: میزان HC در فرودگاه امام خمینی (ره) ۱۲۶
- نمودار ۶-۱۴: مقایسه NO_x ناوگان جایگزین و موجود ۱۳۵
- نمودار ۶-۱۵: مقایسه CO ناوگان جایگزین و موجود ۱۳۶
- نمودار ۶-۱۶: مقایسه HC ناوگان جایگزین و موجود ۱۳۶
- نمودار ۶-۱۷: میزان تمایل مسافران به استفاده از انواع ناوگان زمینی موجود برای رسیدن به فرودگاه ۱۳۹
- نمودار ۶-۱۸: میزان تمایل مسافران به استفاده از مترو برای رسیدن به فرودگاه و برعکس ۱۳۹

فهرست جداول

- جدول ۱-۱: آمار سفرهای هوایی ۷
- جدول ۱-۲: خلاصه ای از سناریو های حمل و نقل هوایی آینده ۲۱
- جدول ۲-۲: استفاده سوخت، انتشار سالانه ی CO₂ و نیروهای تابشی رایج و پیشین ۳۰
- جدول ۲-۳: طراحی استفاده سوخت، انتشار سالانه ی CO₂ و نیروهای تابشی برای سال ۲۰۲۰ و ۲۰۵۰ ۳۳
- جدول ۴-۱: مثالی از اطلاعات موجود برای برآورد مقادیر مواد آلوده کننده ی ناشی از جت های دوربرد ۵۳
- جدول ۴-۲: تعداد مردم در معرض صدای بالای ۵۵ دسی بل در اطراف فرودگاه های اروپا ۵۶
- جدول ۴-۳: پنج گزینه ی هزینه ۶۰
- جدول ۴-۴: آمار مسافری به وسیله ی پرواز های مختلف ۶۵
- جدول ۶-۱: فهرست تجهیزات اندازه گیری آلودگی ها ۸۳
- جدول ۶-۲: منابع سیار اندازه گیری شده ۸۴
- جدول ۶-۳: میزان آلاینده های خروجی از خودرو های گازوئیل سوز ۸۵
- جدول ۶-۴: میزان آلاینده های خروجی از خودرو های بنزین سوز ۸۵
- جدول ۶-۵: ایستگاه های اندازه گیری آلودگی صوتی و استاندارد هوای پاک ۹۲
- جدول ۶-۶: نتایج سنجش پارامترهای هوای پاک ۹۳
- جدول ۶-۷: استانداردهای صوت زیست محیطی در ایران ۹۹
- جدول ۶-۸: نتایج اندازه گیری صوت زیست محیطی در فرودگاه امام خمینی (ره) ۱۰۰
- جدول ۶-۹: میزان آلاینده های هواپیما در فرودگاه امام خمینی (ره) در یک هفته در آبان ۸۹ ۱۲۴
- جدول ۶-۱۰: میزان انتشار آلاینده ها در ۶ هفته از ناوگان A310-300 و A300-600 و B747-300 و MD83 ۱۳۴
- جدول ۶-۱۱: میزان انتشار آلاینده ها در ۶ هفته از ناوگان B787-8 و A340-600 و B747-400 و A380-800 ۱۳۴
- جدول ۶-۱۲: میزان آلودگی صوتی چهار ناوگان فرودگاه امام خمینی (ره) ۱۳۷
- جدول ۶-۱۳: میزان آلودگی صوتی چهار ناوگان جدید در فرودگاه امام خمینی (ره) ۱۳۷

فهرست اشکال

- شکل ۱-۱: دنباله ی بخار هواپیما وابرهای سیروس ۱۱
- شکل ۱-۲:دنباله بخار هواپیما در شمال اروپا ۱۲
- شکل ۳-۱:موتور توربوفن ۴۲
- شکل ۵-۱: روند محاسبه آلودگی هوای هواپیما در فرودگاه‌های جهان ۷۰
- شکل ۶-۱: فرودگاه امام خمینی(ره) ۷۹
- شکل ۶-۲: راهنمای مسافران خروجی فرودگاه ۸۰
- شکل ۶-۳:راهنمای مسافران ورودی وترانزیت فرودگاه ۸۱
- شکل ۶-۴:مسیرهای پرواز تا ۲۵۰۰ کیلومتر ۸۱
- شکل ۶-۵: مسیر های پرواز از ۲۵۰۰ تا ۵۵۰۰ کیلومتر ۸۲
- شکل ۶-۶: مسیر های پرواز از ۵۵۰۰ کیلومتر به بالا ۸۲
- شکل ۶-۷: دستگاه اندازه گیری آلاینده های خروجی از منابع سیار(vario plus industrial) ۸۴
- شکل ۶-۸: دستگاه اندازه گیری استاندارد هوای پاک(BABUC A) ۹۰
- شکل ۶-۹:دستگاه اندازه گیری ذرات معلق(Dust Trak 8520) ۹۲
- شکل ۶-۱۰: دستگاه صدا سنج HD2010 ۹۸
- شکل ۶-۱۱: عملیات هواپیما در فرودگاه ۱۰۲
- شکل ۶-۱۲: گوشی فنجانی Ear.Muff ۱۰۶
- شکل ۶-۱۳: انواع گوشی های انگشتی (Ear.plug) ۱۰۷

فصل اول:

کلیات طرح و ضرورت

انجام تحقیق

۱-۱ مقدمه

توسعه پایدار محل تلاقی جامعه، اقتصاد و محیط زیست است. با توجه به تعاریف و دیدگاه‌های مختلف در خصوص توسعه بایستی اذعان داشت که مفهوم توسعه به مقدار زیادی در جهت منافع نسل حاضر می‌باشد و تأکید کمی بر نسل آینده دارد. از نمونه بارز آن می‌توان به پیامد و رویکرد کشورهای توسعه یافته کنونی اشاره نمود. توسعه‌ی آنها منجر به تخریب بسیاری از منابع طبیعی شده است و بعضی وقتها مشکلات زیست محیطی برای نسل فعلی و آینده بوجود آورده است. در این راستا به منظور جلوگیری از عواقب مخرب توسعه، سازمان‌ها و نهاد‌های مختلفی ایجاد شده‌اند تا از طریق شناسایی دقیق پیامد‌های توسعه هشدارهای لازم را به متولیان توسعه گوشزد کنند.

کمیسیون برتلند^۱ که در سازمان ملل به منظور ارائه راهکار برای جلوگیری از تخریب محیط زیست و حفظ منابع ملی تشکیل شد، توسعه‌ی پایدار را چنین تعریف کرده است « توسعه‌ی پایدار توسعه‌ای است که بتواند نیازهای نسل حاضر را بدون لطمه زدن به برآورده ساختن نیازهای نسل‌های آینده بر آورده سازد» [۵۵].

امروزه حمل و نقل را به عنوان یکی از پایه‌های اساسی توسعه متوازن و پایدار کشورها می‌دانند. چرا که شبکه‌های حمل و نقل با مولفه‌های مهمی چون اقتصاد، امنیت و عدالت ارتباط تنگاتنگ پیدا کرده است. با مروری به فرآیند توسعه اقتصادی و اجتماعی کشورها، همبستگی مستقیم بین توسعه حمل و نقل و دستیابی به نرخ رشد اقتصادی بالاتر به وضوح به چشم می‌خورد. به عبارتی با افزایش ارزش افزوده بخش حمل و نقل، افزایش تولید ناخالص داخلی را مشاهده می‌کنیم. و این همان دلیلی است که توسعه اقتصادی را به توسعه بخش حمل و نقل وابسته می‌دانند. و از آن به عنوان فعالیت‌های زیربنایی رشد و تحول اقتصادی یاد می‌نمایند. در اهمیت نظام حمل و نقل کارآمد همین بس که آن را به نیروی محرکه یا موتور توسعه تعبیر می‌نمایند و کارآمدی و توانمندی آن را زمینه ساز توسعه پایدار و عدالت محور می‌دانند. عملکرد و سودمندی صنعت حمل و نقل هوایی نسبت به سایر روش‌های حمل و نقل شاید فراتر از ارائه خدمات جابجایی و نقل و انتقال باشد؛ چرا که حمل و نقل هوایی شیوه زندگی اقتصادی، نگرش‌های اجتماعی و فرهنگی ما را متأثر کرده و در شکل‌دهی وضعیت تاریخی، سیاسی جوامع تأثیرگذار می‌باشد. حمل و نقل هوایی به همان اندازه که تغییرات اقتصادی و اجتماعی ایجاد می‌کند، باعث به وجود آمدن تغییرات زیست محیطی نیز می‌شود که یکی از دغدغه‌های بشر امروز

^۱ Brudtland

هست. آلودگی‌های ناشی از حمل و نقل هوایی شامل آلودگی صوتی و آلودگی هوا می‌شود. که این آلودگی‌ها یا منشا داخلی دارد (مانند، پروازها از یک کشور و برعکس) و یا منشا عبوری دارد که در اثر عبور هواپیما از آسمان یک کشور ایجاد می‌شود. آلودگی هوای هوانوردی ۱-۲ درصد کل آلودگی‌های ایجاد شده از تمام منابع ایجاد کننده آلودگی و ۱۳٪ آلودگی‌های ناشی از کلیه سیستم‌های حمل و نقل را شامل می‌شود. آلودگی‌های هوا در سیستم حمل و نقل هوایی از این جهت که در ارتفاعات بالا آزاد می‌شود و دارای خروجی‌های خاصی مانند، دنباله بخار آب از هواپیما^۲ و هسته‌ی ایجاد ابرهای سیروس می‌باشند که در منابع زمینی تولید کننده‌ی آلاینده‌ها ایجاد نمی‌شود، دارای اهمیت و ویژگی‌های خاصی می‌باشد. و آلودگی صوتی هوانوردی نیز بعد از آلودگی صوتی بزرگراه‌ها بیشترین مقدار را دارد. این تحقیق به چهار دلیل در ایران از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است که عبارتند از:

- ۱- آگاهی و اطلاعات بسیار کم در زمینه آلودگی‌های زیست محیطی حمل و نقل هوایی
- ۲- رشد روز افزون این صنعت در کشور
- ۳- فرسودگی ناوگان هوایی کشور

۴- استفاده کشورها از آسمان ایران به عنوان کریدور بین‌المللی

این تحقیق همچنین سه هدف زیر را دنبال می‌کند:

- ۱- شناسایی آلاینده‌ها و اثرات مخرب آن‌ها بر جوامع و محیط زیست.
- ۲- روش‌های کاهش آلاینده‌ها که در فرودگاه‌های پیشرفته جهان استفاده می‌شود.
- ۳- میزان آلودگی‌ها و میزان کاهش آلاینده‌ها را در فرودگاه امام خمینی بر اثر استفاده از روش‌های کاهش آلاینده‌ها.

۱-۲ پیشینه تحقیق

۱-۲-۱ پیشینه تحقیق در جهان

در این بخش پیشینه توسعه پایدار، آلودگی هوای ناشی از حمل و نقل هوایی و آلودگی صوتی حمل و نقل هوایی در جهان مورد بررسی قرار گرفته است.

۱-۲-۱-۱ پیشینه توسعه پایدار

پیدایش و گسترش مشکلات زیست محیطی، چه در کشورهای صنعتی و چه در کشورهای در حال توسعه، از اوایل دهه ۱۹۶۰ سران و اندیشمندان کشورهای غربی را بر آن داشت به فکر گریز از پیامدهای ناگوار این وضع دلهره‌آور باشند.

هنگامی که در سال ۱۹۸۷ گزارشی تحت عنوان «آینده مشترک ما» از جانب انجمن برتلند انتشار یافت، مفهوم توسعه پایدار در بحث‌های مربوط به محیط زیست در مقابل توسعه در کانون توجه قرار گرفت و این مفهوم در سال ۱۹۸۰ مورد پذیرش اتحادیه بین المللی حفاظت از طبیعت قرار گرفت. اما، کلا در محدوده گفت و شنود طرفداران حفاظت محیط زیست محصور ماند و بنابراین تأثیری اندک بر طرز تفکر و بینش دولتها و مؤسسات کمک رسان برجای نهاد.

مفهوم توسعه پایدار زمانی مطرح شد که موضوعات زیست محیطی در سرلوحه کار بحث‌های سیاسی قرار گرفت و بدین ترتیب به جای اینکه، این مفهوم به عنوان فشاری بر تغییرات محیطی عمل کند، به صورت ابزاری برای حمایت از محیط زیست مطرح شد. با توجه به اینکه بهبود کیفیت محیط زیست و توسعه اقتصادی، اهدافی بالقوه سازگار، هماهنگ یا مکمل یکدیگرند، توسعه پایدار برخی تنشهای ناشی از بینش متضادی را که در رابطه با محدودیت‌های رشد در دهه ۱۹۷۰ ظهور کرد را کاهش می‌دهد.

از اینرو، در سال ۱۹۹۲ بزرگترین کنفرانس محیط زیست و توسعه، با عنوان «سران زمین» و با شرکت هیئت‌های نمایندگی ۱۸۰ کشور در ریودوژانیرو کشور برزیل تشکیل گردید. در این اجلاس، براساس توافق سران کشورهای صنعتی و غیرصنعتی در مورد روند توسعه کشورهای عقب مانده و نیز زدودن آلاینده‌هایی که حاصل کار کشورهای صنعتی است، منشوری با نام «دستور کار ۲۱» یا «منشور زمین» انتشار یافت که می‌بایست در راستای توسعه پایدار کشورهای جهان به کار رود.

یکی از نتایج کنفرانس ریو^۳ تصویب دو معاهده مهم بین المللی به نامهای اجلاس تغییرات آب و هوا و اجلاس تنوع زیستی است. که هدف اجلاس اول، جلوگیری از تغییرات غیرعادی اقلیم و گرم شدن فاجعه بار کره زمین و هدف اجلاس دوم، جلوگیری از نابودی منابع طبیعی و گونه‌های جانوری و گیاهی روی زمین که حیات انسان وابسته به آنهاست، می باشد. جهت تحقق اهداف پیش بینی شده برای دستور کار ۲۱ که در واقع استراتژی‌های آینده بشر (در قرن ۲۱) را برای توسعه و محیط زیست تبیین کرده است، انجمن توسعه پایدار با حمایت سازمان ملل متحد تشکیل شده است [۵۶].

۱-۲-۱-۲ پیشینه تحقیق درباره آلودگی هوای ناشی از سیستم حمل و نقل هوایی

توجه به اثرات حمل و نقل هوایی در آب و هوا به چندین دهه قبل برمی‌گردد. برای مثال، تحقیقات در اثرات بالقوه‌ی دنباله بخار آب از هواپیما می‌تواند به اواخر دهه ۶۰ و اوایل دهه ۷۰ میلادی برگردد. با این حال آغاز اهمیت اثرات جهانی حمل و نقل هوایی در اوایل دهه هفتاد، به پتانسیل خرابی ازن استراتسفریک از یک ناوگان هوایی مافوق صوت غیر نظامی مربوط می‌شود، که در طی سوانح هوایی به کنکورد و توپولف ۱۴۴ محدود شد.

در اواخر دهه ۸۰ و اوایل دهه ۹۰ میلادی تحقیقات درباره اثر انتشار اکسیدهای نیتروژن ($NO_1 + NO_2 = NO_x$) در تشکیل ازن تروپوسفریک و مقدار کمی دنباله بخار آب هواپیما از ناوگان زیر سرعت صوت آن زمان آغاز شد. یک سری برنامه‌های تحقیقاتی مختلف، یک تعداد از خروجی‌های غیر CO_2 ناشی از حمل و نقل هوایی را نشان دادند، که می‌توانستند آب و هوا را تغییر دهند. که شامل ذرات معلق، دنباله بخار آب هواپیما و ابرهای ایجاد شده از حمل و نقل هوایی می‌شد. در سال ۱۹۹۹ هیئت تحقیقاتی تغییرات آب و هوا (IPCC^۴) گزارش برجسته «حمل و نقل هوایی و اتمسفر جهان» را منتشر کرد. IPCC اولین ارزیابی جهانی اثرات حمل و نقل هوایی در آب و هوا را با استفاده از متریک (معیار سنجش) آب و هوا «نیروی تابشی» ارائه داد [۹]. در سال‌های بعد اثرات نیروی تابشی حمل و نقل هوایی به طور کمی بوسیله‌ی سوزان^۵ و همکارانش در سال ۲۰۰۵ برای سال پایه ۲۰۰۰ ارزیابی مجدد شد و در نهایت در سال ۲۰۰۷ اثرات نیروی تابشی حمل و نقل هوایی توسط IPCC برای سال ۲۰۰۵ ارزیابی مجدد شد.

۱-۲-۱-۳ پیشینه تحقیق درباره آلودگی صوتی حمل و نقل هوایی

در دهه ۱۹۶۰ صدای ناشی از هواپیما در آمریکا یک مساله اصلی شد و دولت‌ها قوانینی برای کنترل آن وضع کردند. سازندگان، طراحان و شرکت‌های هواپیمایی موظف به ساخت هواپیماهای کم صداتر شدند و از طرف دیگر موظف شدند که دقت بیشتری در دستورالعمل‌های اجرایی هواپیماها بکنند. از جمله این اقدامات، ساخت موتورهای توربوفن مدرن بود. که کم‌صداتر از موتورهای توربوجت و نوع قدیمی موتورهای توربوفن سال‌های ۱۹۶۰ بود. هواپیماهای سازمان هواپیمایی فدرال (FAA^۶) اولین هواپیماهایی بودند که پیشرفت قابل ملاحظه‌ای در این زمینه داشتند. به طوری که علی‌رغم افزایش ترافیک هوایی شاهد کاهش آلودگی صوتی هواپیماها بودیم.

در سال‌های ۱۹۸۰ کنگره آمریکا سازمان هواپیمای فدرال را ملزم کرد برای عایق‌سازی منازل اطراف فرودگاه‌ها تدابیری اندیشیده شود. از آن جا که این برنامه شامل محیط بیرون نمی‌شد، فقط توانست برای محیط داخل منازل مفید و موثر واقع شود. سانفرانسیسکو^۷ و سانجوس^۸ در کالیفرنیا^۹ اولین فرودگاه‌هایی بودند که این تکنولوژی در آن‌ها به کار گرفته شد. اساس این تکنولوژی یک مدل کامپیوتری بود که می‌توانست اثرات صدای هواپیما را بر ساختمان‌ها شبیه‌سازی کند. از یک طرف انواع مختلف هواپیما، محدوده پروازی، و شرایط جوی را مورد آزمایش قرار دادند و از طرف دیگر ارتقای روش‌های ساختمان‌سازی از قبیل بهبود در پوشش ساختمان‌ها، پنجره‌ها، بخاری‌ها، و همچنین درزگیری ساختمان را ارزیابی کردند. ولی در عین حال روش‌های اقتصادی‌تر را هم مدنظر داشتند [۵۷].

۱-۲-۲ پیشینه تحقیق در ایران

در کشور ما با تصویب شورای عالی محیط زیست از شهریور سال ۱۳۷۲ انجمن توسعه پایدار با حضور نمایندگان سازمانهای دولتی و غیردولتی تشکیل شده است و یکی از وظایف مهم آن برنامه ریزی و تعیین سیاست و ارائه پیشنهادهای لازم در خصوص اجرای دستور کار ۲۱ است. اما موضوع تحقیق تاکنون در ایران سابقه مطالعاتی نداشته است.

۱-۳ اهمیت و ضرورت تحقیق

تقاضای جهانی برای حمل و نقل هوایی به طور پایدار افزایش داشته است. هواپیمای جت تجاری در دهه ۱۹۵۰ برای اولین بار در سرویس شرکت کرد. در سراسر این دوره ۵۰ ساله، تقاضا ۹٪ در سال بالا رفته است و پیش بینی شده است که در ۲۰ تا ۵۰ سال آینده این روند هر چند با یک میزان پایین‌تر (حدود ۳ تا ۷٪) در نتیجه بلوغ جهانی بازار، ادامه یابد (جدول ۱). دو آمار صنعتی برای اندازه‌گیری فعالیت‌های حمل و نقل هوایی استفاده شده است:

۱- تعداد صندلی-کیلومتر (ASK)^{۱۰}: تعداد تعداد صندلی برای مسافران در فاصله بر حسب کیلومتر است.

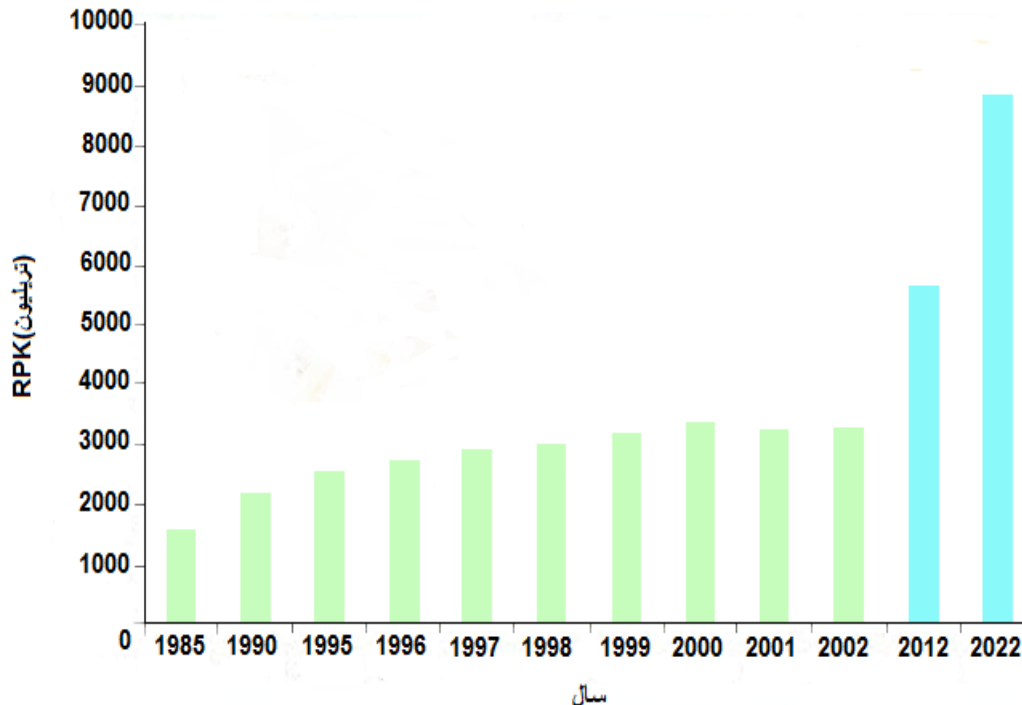
۲- تعداد مسافر-کیلومتر (RPK)^{۱۱}: مقدار مسافران حمل شده در فاصله بر حسب کیلومتر است.

^۷ San Francisco
^۸ San Jose
^۹ California
^{۱۰} available seat kilometers
^{۱۱} revenue passenger kilometers

نمودار ۱ پیشینه و آینده رشد حمل و نقل هوایی از سال ۱۹۸۵ را توصیف می‌کند. حتی بعد از رخدادهای مانند حمله به برج‌های دو قلو و جنگ‌های خلیجی و امراض مرتبط با تنفس (سارس) و تشکیل لخته خون وریدی، هر چند میزان رشد سالانه به طور ناچیزی کمتر شد. اما، مسافرت-های هوایی به طور سالانه به رشد خود ادامه می‌دهد. خطوط هوایی جهان اخیراً ۱/۶ تریلیون مسافر و ۳۰ میلیون تن بار در سال را حمل می‌کند. تا سال ۲۰۲۲ کل تعداد هواپیماها نزدیک به دو برابر خواهد شد و شامل تعداد زیادی از هواپیماهای تک راهروی استفاده شده در مسیرهای حمل و نقل کوتاه خواهد بود [۱۰].

جدول ۱-۱: آمار سفرهای هوایی [۱۰]

درصد تغییرات ۲۰۲۲-۲۰۰۲	۲۰۲۲	۲۰۰۹	۲۰۰۲	مسافران هوایی
۲۵۳	۱۱۴۰۷	۷۰۷۶	۴۵۱۴	ASK در دنیا (تریلیون)
۲۶۸	۴۸۷۳	۵۱۰۰	۳۱۶۶	RPK در دنیا (تریلیون)
۱۰۵	۱۵۱۶	۱۴۱۴	۱۴۳۷	میانگین فاصله پرواز km
۱۹۰	۲۰۵۵۴	۱۴۸۱۵	۱۰۷۸۹	تعداد هواپیما
۱۹۸	۳۱۵۱۰	۲۳۴۶۴	۱۵۸۶۵	تعداد حرکات
۱۲۳	۲۰۰	۱۶۸	۱۶۳	صندلی به ازای حرکت



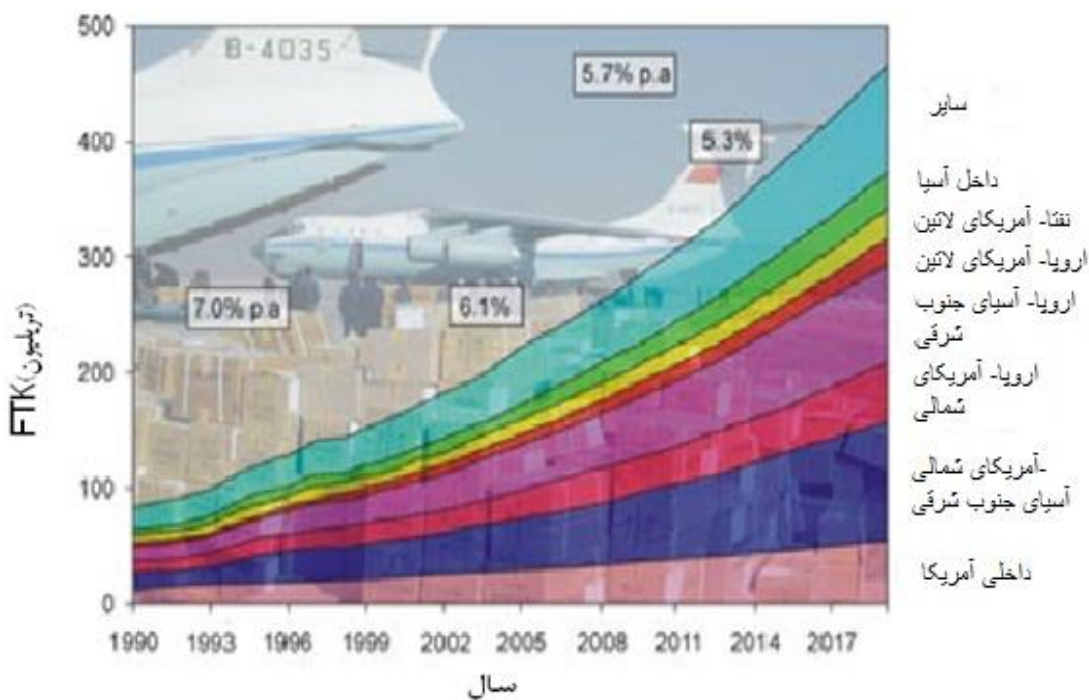
نمودار ۱-۱: رشد در RPK بین سال‌های ۱۹۸۵ تا ۲۰۲۲ میلادی [۱۰]

مقصدها، مسیرها و هزینه‌ها برای مسافران توریستی و به طور صعودی مسافران تجاری سبب ترغیب مسافران می‌شود. در حالی که تعداد صندلی-کیلومتر کمتری به ازای سفر نیاز هست.

تکرار بیشتر پروازها باعث می شود که بیشتر هواپیماها به مقدار کمی صندلی نیاز داشته باشند. بنابراین به وسیله سازندگان خطوط هوایی، رشد بیشتر هواپیما با راهروی منفرد در همه بازارهای منطقه‌ای و جهان پیش‌بینی می‌شود. برای افزایش ظرفیت، بسط فرودگاه‌های موجود با ترمینال‌ها و باندهای جدید و ساخت فرودگاه‌های جدید نیاز است.

انتقال بار نیز نقش کلیدی در رشد حمل و نقل هوایی دارد. در نتیجه سلسله حمایت‌های جهانی و تقاضا برای تولیدهای ارزان تر، تن-کیلومتر بار (FTK^۱) را ۵۰٪ افزایش خواهد داد (نمودار ۲). حمل و نقل بار احتمالاً به طور تجربی حدود ۶-۵٪ به ازای سال در ۲۰ سال آینده رشد خواهد داشت [۱۱].

با توجه به این که افزایش تقاضای بار و مسافر و در نتیجه افزایش تعداد پروازها باعث افزایش آلودگی زیست محیطی می‌شود. در نتیجه این تحقیق از اهمیت و ضرورت ویژه‌ای برخوردار است.



نمودار ۲-۱: رشد FTK بین سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۰ [۱۱]

۴-۱ فرآیند و روش تحقیق

با توجه به اینکه این موضوع در ایران کمتر مورد بررسی قرار گرفته است، استفاده از مقالات و کتاب‌های خارجی به منظور دستیابی به اطلاعات مورد نیاز اولویت تلقی می‌شود. مطالعات کتابخانه‌ای اساساً برای دستیابی به مبانی علمی طرح‌های اجرایی کار انجام شده است. تا راهکارهای لازم برای کاهش آلودگی زیست محیطی ناشی از حمل و نقل هوایی ارائه شود و در