فصلنامه فناوری در مهندسی هوافضا
دوره: ۷ / شماره: ۳ / پاییز ۱۴۰۲/ صفحه ۴۸-۳۷
DOI: 10.30699/jtae.2023.7.3.4
علمی- ترویجی/ تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۶/۰۸ / تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۲/۲۱

مطالعه‌ی اولیه برای بررسی کاربرد ترابری هوایی پیشرفته در ایران

مهران نصرت الهی[۱*]، سیدعلی سعادتدار آرانی[۲]

۱- دانشیار، مجتمع دانشگاهی هوافضا، دانشگاه صنعتی مالک اشتر تهران، تهران، ایران

۲- دانشجوی دکتری، مجتمع دانشگاهی هوافضا، دانشگاه صنعتی مالک اشتر تهران، تهران، ایران

* نویسنده مخاطب: **m_nosratollahi@sbu.ac.ir**

در حال حاضر مطالعاتی در سراسر جهان برای تحقق ترابری هوایی پیشرفته در حال انجام است. انتظار می رود ترابری هوایی پیشرفته مسائل مختلف منطقه‌ای را حل کند و اشکال جدیدی از حمل و نقل هوایی را در اختیار مردم قرار دهد. در این مقاله، به بررسی سفر هوایی به عنوان گزینه‌ای قابل توجه برای بهبود شبکه‌های حمل و نقل در داخل و بین شهرها و مناطق مختلف در ایران پرداخته‌شده و نمایه‌ی بازار ایران برای پذیرش ترابری هوایی پیشرفته مورد بررسی واقع شده است. همچنین چالش‌ها و مسائل پیش رو در مواجهه با ترابری هوایی پیشرفته مورد مطالعه قرار گرفته، نهایتا برخی از طرح‌های موجود برای استفاده در ماموریت‌های مختلف ترابری هوایی پیشرفته و ساز و کارها و برنامه‌ی آینده برای تحقق و توسعه‌ی این حوزه در ایران پیشنهاد شده است.

واژه‌های کلیدی: هواگردهای عمود پرواز الکتریکی، مولتی روتورها، ترابری هوایی پیشرفته، نمایه بازار ایران

A Preliminary Study to Investigate the Use of Advanced Air Mobility in Iran

M. Nosrat Elahi[1*], S. A. Saadatdar Arani[2]

1. Associate Professor, Aerospace University Complex, Tehran Malik Ashtar University of Technology, Tehran, Iran
2. PhD Student, Aerospace University Complex, Tehran Malik Ashtar University of Technology, Tehran, Iran

***Corresponding Author: m_nosratollahi@sbu.ac.ir**

Studies are currently being conducted around the world to realize advanced air Mobility. Advanced Air Mobility is expected to solve various regional issues and provide people with new forms of air transportation. In this article, air travel is investigated as a significant option for improving transportation networks within and between different cities and regions in Iran, and Iran's market profile for accepting Advanced Air Mobility is investigated. Also, the challenges and issues facing Advanced Air Mobility have been studied, finally, some existing plans for use in various missions of Advanced Air Mobility and future mechanisms and plans for the realization and development of this field in Iran have been proposed

Keywords: Advanced Air Mobility, multi-rotors, Iran aerial market profile, electric vertical take-off and landing

COPYRIGHTS
© 2023 by the authors. Published by Aerospace Research Institute. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

How to Cite this in Article:
M. Nosrat Elahi, S. A. Saadatdar Arani, "A Preliminary Study to Investigate the Use of Advanced Air Mobility in Iran", *Journal of Technology in Aerospace Engineering*, vol. 7, no. 3, pp. 37-48, 2023 (in Persian).

۱ مقدمه

در سطح جهان حمل و نقل برای مسافر و همچنین باربری در شهرها اغلب به دلیل در دسترس بودن امکان تردد زمینی مناسب به این دسته‌بندی محدود می شود. تمرکز جمعیتی بسیار زیاد در کلانشهرها و همچنین رشد جمعیتی در شهرهای بزرگ منجر به افزایش ازدحام و تحمیل فشارهای قابل توجهی برروی سیستم‌های حمل و نقل مسافری درون شهری و برون شهری و همچنین شبکه‌های باربری و ترابری شده است. به طور کلی حمل ونقل افراد و کالاها در شبکه‌های ترابری زمینی بسیار فشرده و به مرور زمان دشوارتر و پرهزینه‌تر می‌شود، درحالی که این موضوع را باید در نظر داشت که ساخت و نگهداری خطوط مواصلاتی و جاده‌ای نیز هزینه‌های بسیار زیادی را به سیستم حمل و نقل زمینی تحمیل خواهد نمود. به خصوص برای کشورهایی که به دلیل فراوانی و گستردگی بیابان‌ها، فاصله شهرها در آن زیاد و بعضاً تا صدها کیلومتر مسافت را برای رسیدن از یک شهر تا شهر دیگر باید پیمود.

سفر هوایی می‌تواند به عنوان گزینهای قابل توجه برای بهبود شبکه‌های حمل و نقل در داخل و بین شهرها و مناطق مختلف باشد. به بیان ساده، راه‌های هوایی ظرفیت قابل توجهی برای جابجایی کالا و افراد در یک محیط شهری و منطقه ای را فراهم می‌کند و نیاز به ایجاد زیرساخت‌های حمل و نقل زمینی غیر قابل انعطاف و سرمایه بر را کاهش می‌دهد.

توسعه سریع انواع جدید هواگردها این ظرفیت را دارد که تا حد زیادی به گزینه‌های حمل و نقل مسافر و بار در مناطق بزرگ شهری و بین شهری و منطقه ای اضافه کند. با این حال، در کوتاه مدت، ساخت زیرساخت‌ها و هواگردهای لازم، پیشبرد مقررات و صدور مجوز به کسب‌وکارها برای توسعه مدل‌های تجاری جدید مستلزم زمان، پول و نبوغ انسانی است.

در حال حاضر یک گذر شکل انرژی در سطح جهانی در حال وقوع است که از سوخت‌های فسیلی دور شده و به سمت نیروی الکتریکی پایدار، از منابع تجدیدپذیر و فناوری‌های جدید ذخیره‌سازی انرژی نزدیک می‌شود. این تغییرات تأثیری تکاملی بر گزینه های حمل و نقل در سطح جهانی خواهد داشت. بسیاری از سیستم‌های حمل و نقل زمینی و هوایی از موتورهای احتراقی به موتورهای الکتریکی و سیستم‌های ذخیره باتری/پیل سوختی منتقل می‌شوند. این تکامل تأثیر قابل توجهی بر هواپیما و زیرساخت‌های مرتبط با آن نیز خواهد داشت، بنابراین قابلیت هواگردهای عمودپرواز در شهرها و مناطق در بردهای کوتاه، متوسط و بلند را بهبود می‌بخشد.

تحقیقات و علاقه‌مندی تجاری قابل توجهی در توسعه هواگردهای کوچک برای جابجایی افراد و بار وجود داشته است که منجر به توسعه مفاهیم جدیدی در تجاری سازی و بازاریابی در صنایع هواپیماسازی شده است. این فناوری‌های جدید، ترابری هوایی پیشرفته نامیده می‌شوند که به عنوان ظهور فناوری جدید هوابرد متحول‌کننده تعریف شده است که از سیستمی پشتیبانی می‌کند که برای انتقال افراد و اشیا به مکان‌هایی طراحی شده است که به طور سنتی توسط روش‌های فعلی حمل‌ونقل هوایی نمی‌توان به آن دست یافت. از جمله این مناطق می‌توان به محیط‌های روستایی و محیط های شهری و بین شهری با ساختارهای محیطی مختلف مثل جنگل، کوه، جزیره و ... اشاره نمود. به طورکلی ترابری هوایی پیشرفته شامل توسعه و بهره برداری از طیف وسیعی از هواگردهای جدید است که امکان عملیات ایمن، تمیز، بی صدا و کارآمد را برای پروازهای برد کوتاه تا میان برد، هم برای بار و هم برای مسافران فراهم می‌کند.

هواگردهای الکتریکی با قابلیت برخاست و فرود عمودی که می‌تواند دارای خلبان و یا قابلیت خلبانی از راه دور یا خودران باشد، توانمندساز اصلی فناوری برای اجرای ترابری هوایی پیشرفته می‌باشد. به این صورت که طرح‌های پیشنهادی و ویژگی‌های عملیاتی هواگردهای الکتریکی با قابلیت برخاست و فرود عمودی یک گزینه سازگار با مباحث محیط زیستی است که درعین حال ایمن، مقرون‌به‌صرفه، کوچک، دقیق، سریع، بی‌صدا، مناسب برای اکثر شرایط آب و هوایی و دارای قابلیت تعمیر و نگهداری آسان است. مفاهیم هواگردهای عمودپرواز و رویای هواگردهای شخصی، تخیل مردم را برای نسل‌ها به تسخیر خود درآورده است. پیشرفت های اخیر فناوری به این معناست که ترابری هوایی پیشرفته با استفاده از هواگردهای الکتریکی با قابلیت برخاست و فرود عمودی ممکن است به زودی به واقعیت تبدیل شود.

مانند بسیاری از فناوری‌های نوظهور، توسعه برای سیستم ترابری هوایی پیشرفته این امکان را برای سایر کسب‌وکارها فراهم می‌کند تا در یک زنجیره تامین جدید و تخصصی شکوفا شوند. زیرساخت‌ها و شرکت‌های درگیر و محیط‌های صنعتی و همچنین اقدامات پیشبینی شده در ترابری هوایی پیشرفته بصورت موارد زیر خواهد بود.

- عملیات حمل و نقل هوایی که شامل حمل مسافر و کالا می‌باشد
- فعالیت‌های مربوط به ایستگاه‌های نشست و برخاست پرنده‌های عمود پرواز
- تامین زیرساخت مناسب برای ساخت وسازهای ایستگاه‌های فرودگاهی مختص پرنده‌های عمودپرواز
- خدمات ساخت و نگهداری تجهیزات مرتبط با محصولات هوانوردی مانند سخت افزار و نرم افزار مربوط به این نوع از هواگردها
- تامین کنندگان انرژی
- شرکت های بازیافت تخصصی محصولات هوافضایی

- مکان‌های تعمیر و نگهداری و سایتهای بازیابی محصولات هوافضایی از رده خارج
- خدمات امنیتی
- مهارت‌ها، آموزش، تحقیق و توسعه
- فعالیت های کمکی مانند بیمه، سرمایه‌گذاری و مدیریتی

در سرتاسر جهان، سازمان‌های ذیربط در حال تحقیق و مطالعه و توسعه‌ی استفاده از ترابری هوایی پیشرفته برای ارائه انواع خدمات به جوامع خود هستند. مرجع [۱] به بررسی امکان توسعه و چالش‌های پیش رو در حوزه‌ی ترابری پیشرفته هوایی در استرالیا پرداخته است و فرصت‌های استفاده از فناوری‌های هوایی پیشرفته را در استرالیا مورد بحث قرار داده است و نهایتا پیشنهادهایی را به سیاست‌گذاران و قانون گذاران، صاحبان زیرساختها، کاربران حمل‌ونقل را ارائه می‌دهد. همچنین مرجع [۲] به برنامه ریزی کشور ژاپن برای توسعه‌ی ترابری هوایی پیشرفته تا سال ۲۰۳۰ می‌پردازد و قانون‌گذاری ها و برنامه‌ریزی در این زمینه را برای کشور ژاپن روشن می‌کند. مرجع [۳] مقاله‌ای بر پایه‌ی معرفی راهبردی که با مشورت نزدیک با گروه‌های مشاوره موسسه هوانوردی بریتانیا توسعه یافته است ارائه می‌دهد و چالش‌ها، فرصت‌ها و اولویت‌های تحقیقات هوافضای بریتانیا را مشخص می‌کند. این مقاله بر کاهش اثرات زیست محیطی و افزایش رقابت تمرکز دارد. مرجع [۴] مزایا و چالش‌های بالقوه مرتبط با صنعت ترابری هوایی پیشرفته که در حال ظهور هستند را ارزیابی می‌کند. این مرجع توصیه‌هایی را ارائه می‌دهد که به دنبال ایجاد محیطی است که در آن کشور آمریکا بتواند موقعیت پیشرو خود را در توسعه، استقرار و پذیرش این فناوری‌های جدید حفظ کند. این مرجع همچنین چشم اندازی را برای ترابری هوایی پیشرفته، تکامل بازار و مدیریت ایمنی و امنیت ارائه می‌دهد. مرجع [۵] مقاله‌ای با توصیفات سطح بالایی از مفاهیم عملیاتی نوظهور و توسعه یافته اولیه برای ترابری هوایی شهری را ارائه می دهد. دامنه این کار بر حسب ماموریت، هواپیما، فضای هوایی و خطرات تعریف شده است. عملیات ترابری هوایی شهری گذشته و فعلی نیز شده و ملاحظات مربوط به معماری تبادل داده و الزامات ارتباطات، ناوبری و نظارت نیز مورد بحث قرار گیرند. مرجع [۶] مقاله‌ای با عنوان ادعای آسیا در سهم داشتن در انقلاب ترابری هوایی پیشرفته را ارائه می‌دهد و مباحث پیرامون فناوری هواگردهای عمودپرواز الکتریکی که درحال توسعه توسط کشورهای آسیایی می‌باشد و نقش این کشورها در توسعه‌ی ترابری هوایی پیشرفته در جهان را بررسی کرده است. مرجع [۷] به ارائه‌ی مقاله‌ای با هدف خلاصه کردن فن‌آوری فعلی و چالش‌های پیش روی بازار هواگردهای عمودپرواز الکتریکی برای کاربردهای ترابری هوایی بر اساس تقاضای شهری است، پرداخته‌است و در آن به ارائه‌ی تعریفی از هواگردهای عمودپرواز الکتریکی و نقش‌آن در ارائه‌ی خدمات ترابری هوایی شهری و همچنین چالش‌های پیش‌رو در صنعت ترابری هوایی پیشرفته پرداخته‌است. مرجع [۸] مقاله‌ای است درمورد کره جنوبی که تا سال ۲۰۲۵ تجاری سازی ترابری هوایی شهری را سرعت می بخشد و در آن به ارائه‌ی برنامه‌ی توسعه‌ای کره جنوبی برای قانون‌گذاری و سیاست گذاری‌های دولتی می‌پردازد.

مرجع [۹] تحقیقاتی پیرامون هواگردهای شهری با خلبان خودکار انجام داده است و نشان داده که تسریع پیشرفت های فناوری و سرمایه گذاری، می‌تواند تا سال ۲۰۴۰ یک بازار ۱,۵ تریلیون دلاری ایجاد کند و همچنین بخشی از گزارش تحلیلگران، مبنی بر جزئیات چگونگی سرعت بخشیدن به سرمایه گذاری در هواگردهای عمودپرواز خودران با دستاوردهایی برای آینده مسافرت، برنامه های نظامی و دفاعی و حمل و نقل بار و بسته را ارائه کرده است. مرجع [۱۰] مقاله‌ای را به منظور معرفی فناوری‌های اصلی به کار رفته در هواگردهای عمودپرواز و همچنین پیکربندی‌های این نوع از هواگردها ارائه داده است. این مقاله کارهای انجام شده اخیر را که در رابطه با این نوع از هواگردها بوده، در ایالات متحده بررسی و مقایسه می‌کند تا بینشی در مورد تنوع‌های فن‌آوری، فرصت‌های کاربردی و همچنین روند توسعه آن را در آینده به منظور استفاده در ترابری هوایی شهری ارائه کند. سپس یک خلاصه و مقایسه از مدل‌های معروف را مطرح می‌کند. در پایان، بر اساس تجزیه و تحلیل‌های انجام پذیرفته، این مقاله به مسیر توسعه آینده هواگردهای عمودپرواز اشاره می‌کند. مرجع [۱۱] به منظور افزایش قابل توجه قابلیت‌های پهپادهایی که همراه با سایر وسایل هوایی سرنشین‌دار در محیط‌های شلوغ، خطرناک و پیچیده کار می‌کنند، بدون نقض مقررات ترافیک هوانوردی، یک روش جدید جلوگیری از برخورد را همراه با یک رویکرد تعدیل‌شده ارائه می‌کند. طرح اجتناب از برخورد، پیشنهادی شامل یک برنامه‌ریز مسیر و یک مکانیسم جلوگیری از برخورد به منظور کاهش شدید تلاش‌های محاسباتی است، در حالی که عملکرد ایمن و رضایت‌بخش اجتناب از برخورد را تضمین می‌کند. مرجع [۱۲] به ارائه‌ای از مطالعه بازار ترابری هوایی شهری پرداخته و قابلیت توسعه آن و موانع و راه حل‌های بالقوه را ارزیابی کرده است. در مرجع [۱۳] خلاصه‌ای از ترابری درخواستی و سیستم نظارت خودکار برای خودروهای پرنده مورد بحث قرار گرفته است. به دنبال آن، راه‌حل‌هایی پیشنهاد شده و برخی شبیه‌سازی‌ها برای پی بردن به نحوه عملکرد آدرس‌دهی ایکائو برای خودروهای پرنده انجام شده است. مرجع [۱۴] عناصر کلیدی و زمینه و چارچوب راهبردی را که برای فناوری‌های هواگردهای عمودپرواز (توسط دانشگاه، صنعت و دولت ایالات متحده و با ابتکارات مشابه اتحادیه اروپا) در نظر گرفته می‌شود و بر سیستم‌های هوانوردی تأثیر می‌گذارند، پیشنهاد می‌کند. علاوه بر این، مقاله گفته شده رویکردی را برای توصیف کمی دقیق‌تر و

کامل‌تر در بازارهای مربوطه معرفی کرده است. در نهایت، نقش‌های احتمالی ذینفعان، همکاران، صاحبان زیرساخت‌ها و اپراتورها، مقررات، سیاست‌ها، فعالیت‌های بین‌المللی و فناوری‌های نوظهور را به‌عنوان توانمندسازهای ترابری هوایی، ترسیم کرده است. مرجع [۱۵] مجموعه‌ای از مسائلی را ارائه داده است که برای ارزیابی موضوعاتی از قبیل پرونده تجاری، ایمنی، درک عمومی از ایمنی و راحتی، فناوری مورد نیاز برای ترابری هوایی، مکان‌هایی که این وسایل پرنده می‌توانند از آنجا برخاسته و یا فرود بیایند و مفاهیم آن را شامل می‌شود. مرجع [۱۶] به ارائه‌ی ارزیابی اولیه از هزینه هواگردهای باقابلیت نشست و برخاست عمودی الکتریکی و عملیاتی شدن آنها و امکان سنجی یک هواپیمای باقابلیت نشست و برخاست عمودی الکتریکی به عنوان تاکسی هوایی با ۴ مسافر در برد ۱۰۰ مایلی می‌پردازد. مرجع [۱۷] انگیزه‌های پشت تحلیل‌های راهبردی مفهوم ترابری هوایی را که فراتر از برنامه‌ریزی فعلی هوانوردی آمریکا است، با استفاده از یک مدل پارامتریک برای هواگردهای کوچک با پیشرانه الکتریکی به عنوان یک گزینه، در میان سایر حالت‌های سنتی، خلاصه می‌کند.

هدف این مقاله افزایش آگاهی در مورد ترابری هوایی پیشرفته با استفاده از هواگردهای الکتریکی با قابلیت برخاست و فرود عمودی در زمینه مسافر و بار در ایران است. به اینصورت که ابتدا به بررسی و مروری بر کارهای انجام پذیرفته در حوزه‌ی ترابری هوایی پیشرفته و هواگردهای الکتریکی با قابلیت برخاست و فرود عمودی پرداخته‌شده است. همچنین از مسئله‌ی تحریم‌های جهانی و تاثیر آن بر موضوع ترابری در ایران ذکری اجمالی شده و سپس نگاهی به مشخصه‌های بازار ایران در این حوزه و همچنین قانون‌گذاری‌های مرتبط با توسعه‌ی ترابری هوایی پیشرفته و معرفی طرح‌های لازم برای هواگردهای الکتریکی با قابلیت برخاست و فرود عمودی و چالش‌ها و ظرفیت‌های موجود منطقه‌ای و مجموعه اقدامات لازم در برنامه‌ی آینده ترابری هوایی پیشرفته کشور انجام و نهایتا نتیجه‌گیری ارائه شده‌است.

۲ تحریم و اثرات آن بر مسئله‌ی ترابری در ایران

کل شبکه حمل‌ونقل در ایران به دلیل محدود بودن سرمایه‌گذاری در طول سال‌ها، همچنان نیازمند توسعه و ارتقا است. شبکه‌های جاده‌ای و ریلی در سطح استانداردهای منطقه هستند، اما بندرها و فرودگاه‌ها بیشترین ضربه را از تحریم‌ها خورده‌اند.

حمل‌ونقل هوایی ایران سال‌هاست تحت تاثیر تحریم قرار گرفته و به همین علت شرکت‌های هواپیمایی داخلی، نتوانسته‌اند ناوگان فرسوده خود را به خوبی نوسازی و بازسازی کنند. در نتیجه، این امر منجر به ضعف در استانداردهای ایمنی در این حوزه شده است. همچنین بخش‌های حمل‌ونقل هوایی ایران نتوانسته ارتباطات بین‌المللی خود را به‌خوبی توسعه دهد و در نتیجه‌ی این امر، ترابری هوایی توسعه‌نیافته باقی‌مانده است.

ایران تعداد زیادی فرودگاه دارد. شلوغ‌ترین فرودگاه‌ها در تهران مستقر هستند. حمل‌ونقل هوایی در داخل ایران فعال است و هر روز پروازهای بسیاری بین شهرهای مختلف انجام می‌شود. مشکلات ناشی از تحریم و عدم توسعه‌ی زیرساختهای مناسب موانع توسعه حمل‌ونقل هوایی بار و مسافر در ایران هستند. لذا ایران در مقایسه با دیگر کشورهای منطقه، جایگاه متوسطی از نظر حمل‌ونقل هوایی دارد. ایران از این نظر در رتبه ۸ خاورمیانه و شمال آفریقا قرار گرفته است.

همچنین تحریم‌ها ضربه سختی به بندرگاه‌های ایران زده‌اند. تحریم‌ها به طور خاص فعالیت بندرگاه‌های ایران و خطوط کشتیرانی دولتی را هدف قرار داده‌اند. شرکت‌های کشتیرانی بین‌المللی نیز براثر تحریم‌ها از ورود به بندرگاه‌های ایران منع شده‌اند که این مسأله موجب محدود شدن تجارت دریایی ایران شده است.

توسعه فناوری‌های مربوط به ترابری هوایی پیشرفته در حوزه بار و مسافر، می‌تواند یکی از راهکارها به منظور مقابله با تحریم و همچنین بی‌اثر کردن آن و تقویت صنعت حمل‌نقل در ایران باشد.

۳ نمای بازاردر ایران

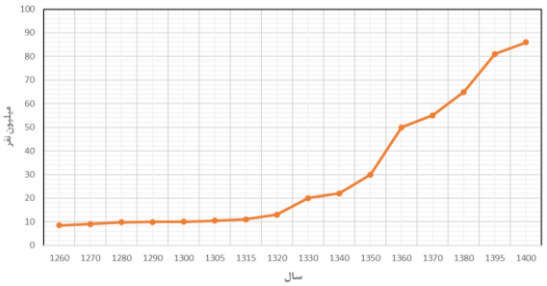
موارد پیشبینی شده تاثیرگذار که تقاضا برای ترابری هوایی پیشرفته را تشدید می‌کند، عبارتند از:

- رشد جمعیت
- آشنایی جامعه با خدمات قابل ارائه در حوزه‌ی هوانوردی در داخل و خارج از کشور
- آشنایی جامعه با سیستم‌های خلبان خودکار و خلبان از راه دور
- نیاز به سفر و جابجایی روزانه مسافرین و کالا

یکی از مزایای کشور ایران از نظر جذب ترابری هوایی پیشرفته، جمعیت متمرکز در مراکز شهری در عین گستردگی منطقه‌ای و همچنین اقلیم‌های متفاوت آن است. مطالعه‌ی تغییرات تعداد و حجم جمعیت ایران از سال ۱۳۳۵ تا سال ۱۴۰۰ نشان می‌دهد در این دوره، حدود ۷۰ میلیون نفر به جمعیت اضافه شده است. در این دوره ۶۵ ساله به طور متوسط سالانه بیش از یک میلیون نفر به جمعیت کشور افزوده شده است. رشد جمعیت ایران نیز افزایش یافته به طوری که در دهه‌ی ۱۳۵۵ تا ۱۳۶۵ به یکباره به رشدی نزدیک ۴ درصد رسیده که در تاریخ تحولات جمعیتی ایران بی‌سابقه بوده است. این میزان رشد طبیعی سالانه

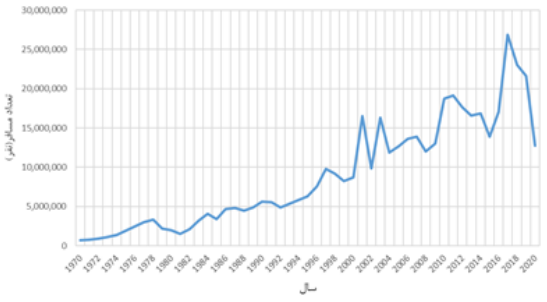
1. Market profile

جمعیت تاکنون به رقمی حدود ۲/۳ درصد می‌رسد که میزان رشد بالای جمعیت را نشان می‌دهد. شکل ۱ رشد جمعیت ایران در بین سال‌های ۱۲۶۰ تا ۱۴۰۰ می‌باشد را نشان می‌دهد [۱۸].



شکل ۱- تغییرات جمعیت ایران (۱۲۶۰-۱۴۰۰)

همچنین اخیراً گرایشی برای جابجایی به مناطقی در نقاط دور از مرکز شهر و اطراف کلانشهرها با دسترسی آسان به شهرها وجود دارد. ارائه ترابری هوایی پیشرفته فرصتی برای بهبود زمان و کیفیت سفر از مناطق حاشیه‌ی شهرها به مرکز شهر ایجاد می‌کند. استقرار یک پایگاه ترابری هوایی پیشرفته در مراکز شهر و حاشیه‌ی شهر می‌تواند به کاهش فشار جمعیتی که در کلانشهرها وجود دارد کمک کند و ارتباط منطقه‌ای را نیز افزایش دهد. ایران همواره به دنبال توسعه‌ی فناوری‌ها و سیستم‌های هوایی خود بوده است. شکل ۲ نشاندهنده‌ی توسعه‌ی ناوگان هوانوردی و درنتیجه توسعه‌ی حمل تعداد مسافر طی سالیان گذشته می‌باشد.



شکل ۲- روند توسعه‌ای حمل تعداد مسافر در سیستم حمل و نقل هوایی ایران [۱۹]

به منظور ارزیابی وضعیت فعلی صنعت حمل و نقل هوایی ایران، مقایسه‌ای بین این صنعت در ایران و کشور همجوار آن ترکیه به عنوان یکی از کشورهایی که در ترانزیت هوایی موفق است، انجام شده است تا شمه‌ای از جایگاه حمل و نقل هوایی ایران مشخص شود.

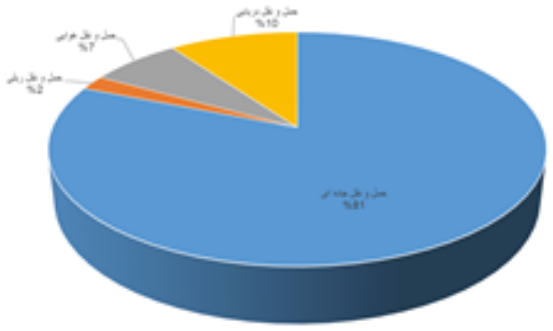
حمل و نقل هوایی دو کشور همسایه ایران و ترکیه که جمعیتی تقریبا یکسان دارند، در مواردی متعددی قابل قیاس است.

بر اساس آمارنامه رسمی حمل و نقل هوایی ترکیه در سال ۲۰۱۸ ،گردش مالی صنعت حمل و نقل هوایی این کشور برابر با ۲۴,۳ میلیارد دلار بوده است که مقدار این شاخص در آمارنامه رسمی متناظر در کشور ایران ارایه نشده است [۱۹].

در شکل ۳، تغییرات تعداد مسافران حمل و نقل هوایی شامل مجموع داخلی و بینالمللی کشورهای ایران و ترکیه از سال ۱۳۸۰ نمایش داده شده است. تفاوت در توسعه و پیشرفت حمل و نقل هوایی دو کشور کاملاً مشهود است.

شکل۳- تغییرات تعداد مسافران حمل و نقل هوایی شامل مجموع داخلی و بین المللی کشورهای ایران و ترکیه [۱۹]

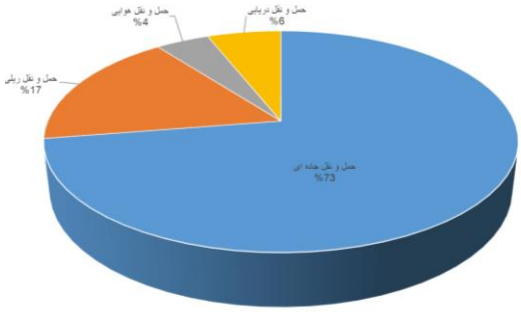
از نظر شیوه‌های حمل‌ونقل در ایران، شواهد نشان می‌دهد که عمده فعالیت‌های حمل ونقل در ایران بر حمل ونقل جاده‌ای متمرکز شده است. حمل ونقل جاده ای بیش از ۸۷,۵ درصد از کل ارزش افزوده بخش حمل ونقل را به خود اختصاص داده و سایر روش‌های حمل ونقل در مجموع ۱۲,۵ درصد از ارزش افزوده این بخش را به خود اختصاص داده‌اند. شکل ۴ نشان می‌دهد که حمل و نقل مسافر و کالا تحت سلطه وسایل نقلیه حمل‌ونقل جاده‌ای است و بر اساس آمار و ارقام ثبت شده سهم حمل‌ونقل جاده‌ای بسیار بیشتر از حمل و نقل هوایی است [۱۸].



شکل ۴- سهم هرکدام از انواع حمل‌و نقل در ایران [۱۸]

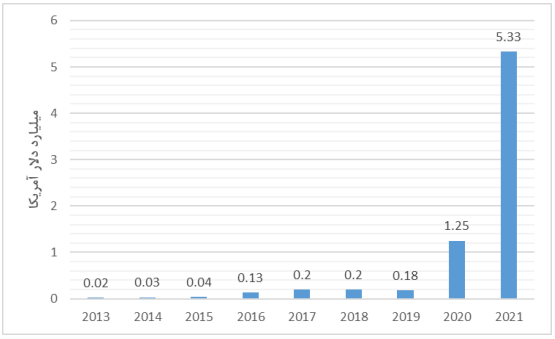
همچنین به منظور مقایسه و درک بهتر شیوه‌های حمل‌ونقل و جایگاه کشورهای شاخص، مانند آلمان، فرانسه، آمریکا، در این خصوص به ارائه‌ی سهم هرکدام از انواع حمل و نقل در این کشورها پرداخته شده است.

مطابق با شکل ۵ عمده فعالیت‌های حمل ونقل در آمریکا بر حمل ونقل جاده‌ای متمرکز شده است. حمل ونقل جاده‌ای حدوداً ۷۳ درصد از کل ارزش افزوده بخش حمل ونقل را به خود اختصاص داده و سایر روش‌های حمل ونقل در مجموع ۲۷ درصد از ارزش افزوده این بخش را به خود اختصاص داده‌اند [۲۰]. شکل ۵ نشان می‌دهد که در آمریکا نیز حمل و نقل مسافر و کالا بیشتر بصورت حمل‌ونقل جاده‌ای است و بر اساس آمار و ارقام ثبت شده سهم حمل‌ونقل جاده‌ای بیشتر از حمل و نقل هوایی است.



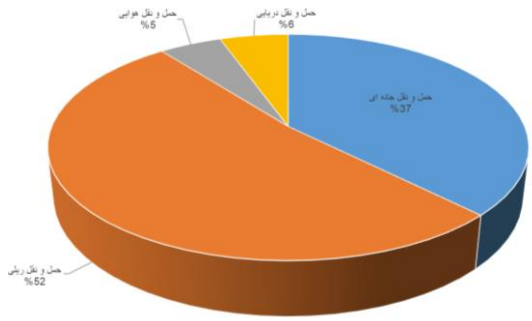
شکل ۵– سهم هرکدام از انواع حمل‌و نقل در آمریکا [۲۰]

این نکته حائز اهمیت است که در چشم انداز توسعه‌ی حمل و نقل در آمریکا و همچنین برخی از کشورهای اروپایی، به دنبال توسعه‌ی حمل و نقل هوایی در مقابل جاده‌ای می‌باشند و به منظور تحقق این امر در مجلات علمی، لزوم وجود برنامه‌های بلند مدت و کوتاه مدت را در این حوزه مد نظر قرار داده‌اند. به منظور تصدیق این ادعا با بررسی‌های صورت پذیرفته مطابق با شکل ۶ می‌توان میزان سرمایه‌گذاری در این حوزه را در سال‌های مختلف مشاهده کرد و میزان رشد قابل توجه آن می‌تواند بیانگر میزان افزایش توجه کشورها به این حوزه باشد.



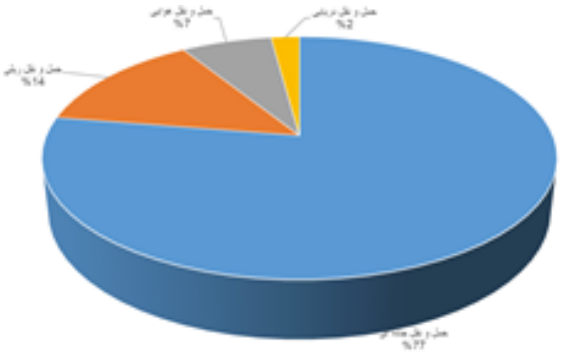
شکل ۶– میزان سرمایه گذاری در ترابری پیشرفته هوایی [۲۱]

همچنین مطالعات نشان می‌دهد که عمده فعالیت های حمل ونقل در فرانسه برخلاف ایران و آمریکا بر حمل ونقل ریلی متمرکز شده است. حمل ونقل ریلی بیش از ۵۲ درصد از کل ارزش افزوده بخش حمل ونقل را به خود اختصاص داده است و سایر روش‌های حمل ونقل در مجموع ۴۸ درصد از ارزش افزوده این بخش را به خود اختصاص داده‌اند [۲۲] شکل ۷ سهم هرکدام از انواع حمل و نقل را در فرانسه نشان می‌دهد.



شکل ۷– سهم هرکدام از انواع حمل‌و نقل در فرانسه [۲۲]

مطالعات نشان می‌دهد که عمده فعالیتهای حمل ونقل در آلمان برخلاف فرانسه همانند ایران و آمریکا بر حمل ونقل جاده‌ای متمرکز شده است. حمل ونقل جاده‌ای بیش از ۷۷ درصد از کل ارزش افزوده بخش حمل ونقل را به خود اختصاص داده و سایر روش‌های حمل ونقل در مجموع ۲۳ درصد از ارزش افزوده این بخش را به خود اختصاص داده‌اند [۲۳] شکل۸ سهم هرکدام از انواع حمل و نقل را در آلمان نشان می‌دهد.



شکل ۸– سهم هرکدام از انواع حمل‌و نقل در آلمان [۲۳]

بر این اساس، الگوی توسعه حمل ونقل در ایران و سایر کشورهای مورد بررسی قرار گرفته شده عمدتا متکی بر توسعه حمل ونقل جاده ای و ریلی بوده است. با این حال اما به نظر می رسد که ادامه الگوی فعلی در آینده نزدیک با چالش رو به رو خواهد شد. افزایش مصرف سوخت، آلودگی محیط زیست، ترافیک‌های جاده‌ای و تلفات و تصادفات جاده‌ای و هزینه سنگین ایجاد و تعمیر و نگهداری راه‌های جاده‌ای خصوصاً در کشورهای بیابانی با فاصله‌های زیاد مراکز جمعیتی از یک سو و مزیت‌های سایر روش‌های حمل ونقل ازجمله حمل و نقل هوایی از سوی دیگر نیاز به بازبینی و توسعه روش‌های جایگزین حمل ونقل جاده‌ای را بیش از پیش ضروری ساخته است.

امروزه امکان جابه جایی شهری و منطقه‌ای از طریق فناوری‌های فعلی حمل و نقل هوایی وجود ندارد. نقش فعلی حمل و نقل هوایی در حمل و نقل مسافر و بار، عمدتاً بین شهری است. با این حال، طی ده سال گذشته افزایش قابل توجهی در روی آوردن به رویکرد تحویل بارهای خرد پستی با استفاده از ترابری هوایی وجود داشته که عمدتاً بصورت مطالعات اولیه باقی مانده است. این نوع تحویل کالا را می‌توان با فناوری‌های فعلی و آینده پرنده‌های عمود پرواز الکتریکی ارائه کرد. این نکته نیز حائز اهمیت می‌باشد که در سال‌های اخیر ایران رشد چشمگیری در ارائه‌ی طراحی‌های نوین پهپادهای نظامی و غیر نظامی داشته‌است. لذا چنین رشدی در فناوری پهپادها تا حدودی خوش‌بینی را برای رشد آینده صنعت ترابری هوایی ایران نیز ایجاد می‌کند.

در حال حاضر در دنیا استفاده از هواگردهای بدون سرنشین برای استفاده تفریحی و تجاری در حال توسعه است، و تا سال ۲۰۴۰، ارزش خدمات ارائه شده در حوزه‌ی هواگردهای عمود پرواز الکتریکی و بازار جهانی این هواگردها نزدیک به ۱,۵ تریلیون دلار تخمین زده می‌شود.[۱] با بلوغ فناوری پرنده‌های عمودپرواز الکتریکی، انتظار می رود بازار خدمات جابجایی هوایی پیشرفته به طور قابل توجهی رشد کند. با این حال، این تخمین تا چه حد برآورده خواهد شد، نامشخص است زیرا بستگی به چگونگی بلوغ فناوری ترابری هوایی پیشرفته در کشور دارد.

برای سازندگان و اپراتورهای هواپیمای عمودپرواز الکتریکی که می‌توانند برای اولین بار در دنیا خطوط هوایی تجاری و خدمات عمومی ترابری هوایی پیشرفته معتبر و قابل دوام ایجاد کنند، چشم انداز قوی برای دستیابی به یک بازار پایدار و پر تقاضای جهانی برای این نوع از محصولات هوانوردی مرتبط با ترابری هوایی پیشرفته وجود دارد. به عنوان مثال شکل ۹ نشان دهنده‌ی بازار و چشم انداز آن در اروپا و امریکا می‌باشد [۲۴].

شکل ۹– بازار و چشم انداز ترابری هوایی [۲۴]

انتظار می‌رود که بازار کلی ترابری هوایی پیشرفته به نرخ فعلی گسترش خود در ۲۰ سال آینده ادامه دهد و رشد در بخش‌های اصلی ناوگان امروزی را با نرخ رشد ترکیبی سالانه ۳,۴ درصد افزایش دهد. همچنین بازار تعمیرونگهداری و ارائه‌ی خدمات تعمیرات اساسی در این حوزه نیز سالانه از افزایش رشد ترکیبی ۳,۵ تا ۴ درصدی سود می‌برد[۳].

همچنین با بررسی‌های به عمل آمده انتظار می‌رود ارزش سکوهای برخاست و فرود مربوط به ترابری هوایی پیشرفته طی ۲۰ سال آینده به حدود ۷ تریلیون دلار برسد که درحال خدمت رسانی به بیش از ۳۵۰۰۰ پرنده‌ی عمود پرواز الکتریکی است. بر اساس مدل‌سازی‌ها و مطالعات انجام پذیرفته، ایران می‌تواند انتظار داشته باشد که در مدت مشابه ظرفیتی را ایجاد کند تا برای بازاری با ارزش بیش از ۱,۵ تریلیون دلار رقابت کند.

۴ کاربری سامانه‌های ترابری هوایی پیشرفته و عمودپروازهای الکتریکی

در زمینه ترابری هوایی پیشرفته، استفاده از پرنده‌های عمود پرواز الکتریکی برای جابجایی مسافر و بار برای مجموعه‌های مختلف مبدا و مقصد، از جمله سفر هوایی بین شهری و فرودگاهی، در داخل شهر و خارج از شهرها و همچنین سایر مناطق مانند مناطق روستایی در نظر گرفته شده است که تعاریفی برای هر نوع از بازارهای موجود در این حوزه، بصورت زیر ارائه شده است[۲]:

- **رفت و آمد**[۲] خدمات مسافربری را برای افرادی که از انواع روش‌های جابجایی، مانند تاکسی، مترو ، و سایر روش‌های حمل و نقل استفاده می‌کنند، ارائه می‌دهد.
- **خدمات عمومی**[۳] به کارگیری ترابری هوایی پیشرفته برای ارائه‌ی خدمات عمومی به ویژه ارائه خدمات برای عملیات خدمات اضطراری مانند خدمات پلیس، آمبولانس و آتش نشانی.
- **کار و تدارکات**[۴] اثبات فرصت‌های بازار برای فعالیت‌های مرتبط با کار مانند نقشه برداری هوایی، عکاسی و همچنین خدماتی همچون کشاورزی و پشتیبانی لجستیک برای تحویل بسته‌هایی با ابعاد و اندازه‌ی متفاوت.
- **تفریح**[۵] استفاده از ترابری هوایی پیشرفته برای استفاده شخصی و یا ورزشی و بازدید از مناطق و اماکن تاریخی و سیاحتی.

علاوه بر موارد ذکر شده همچنین می‌توان به منظور نشان دادن تنوع در نوع عملیات در ترابری هوایی پیشرفته به مواردی همچون استفاده به عنوان هواپیمای شخصی، ارائه خدمات حمل و نقل شهری/حومه‌ای، تاکسی هوایی شهری/حومه/منطقه‌ای، خدمات اضطراری/اورژانسی، تور بازدید مناظر و بیراهه نوردی[۶] در طبیعت اشاره نمود. شکل ۱۰ نشان‌دهنده‌ی بخشی از تنوع کاربری ترابری هوایی می‌باشد.

2. Commuting
3. Public services
4. Work and logistics
5. Recreation
6. Off-Road

شکل ۱۰– برخی از کاربری‌های ترابری هوایی پیشرفته[۲]

۵ قانون‌گذاری‌های حوزه‌ی ترابری هوایی پیشرفته

در ایران، هوانوردی غیرنظامی حوزه‌ای از اختیارات مشترک المنافع است که شامل مجموعه‌ای از سازمان‌های دولتی مسئول سیاست گذاری در حوزه هوانوردی، مقررات و ارائه خدمات است. به منظور توسعه‌ی ترابری هوایی پیشرفته بخش‌های دولتی و خصوصی ازجمله بازیگران کلیدی هستند و وزارت خانه‌های دولتی، کارشناسان حوزه‌ی هوایی و صنایع هواپیماسازی از بهترین منابع برای مشاوره به منظور پیش‌برد اهداف دولتی در این حوزه می‌باشند. وزارت راه و شهرسازی، به دولت در مورد توسعه سیاست و چارچوب نظارتی برای فرودگاه‌های ایران و صنعت هوانوردی مشاوره می‌دهد و همچنین سازمان هواپیمایی کشوری ایران سازمان دولتی زیرمجموعه وزارت راه و شهرسازی است که وظیفه تنظیم هوانوردی کشوری (غیرنظامی) با تأکید بر ایمنی و امنیت و همچنین سیاست‌گذاری، برنامه‌ریزی، تدوین آیین‌نامه‌ها و شیوه نامه‌ها، انتخاب و ساماندهی ناوگان هوایی کشور، ساخت و گسترش فرودگاه‌های کشور و عقد قراردادهای بین‌المللی در امور حمل‌ونقل هوایی را به عهده دارد و به عنوان طرف ایرانی ایکائو شناخته می‌شود[۱].

رشد صنعت هوانوردی و هواگردهای غیرسنتی با چالش‌ها و دروس جدیدی برای همه ذینفعان، از جمله کسانی که در توسعه قوانین دخیل هستند، همراه است. به نظر می‌رسد در حال حاضر کشور آمادگی بررسی طیف وسیعی از راه حل‌ها برای بهبود تحرک و کاهش ازدحام جمعیت را دارا باشد. با توجه به گزینه‌های فناورانه، با این حال، قوانین و مقررات نیاز جدی به انعطاف‌پذیری و هماهنگی بین سازمانی برای سازگاری با رشد حجم ترافیک هوایی در بخش‌های هوانوردی فعلی و در حال ظهور، از جمله انواع عملیات های تجاری، هوانوردی عمومی و تفریحی در اندازه‌های مختلف دارد.

این نکته حائز اهمیت است که برای پذیرفته شدن ترابری هوایی پیشرفته در جوامع بشری و طبیعتاً در جامعه‌ی ایران اطمینان از ایمنی وسیله بسیار ضرروری می‌باشد. لذا مطالعات و تحقیقات کارشناسان و سازمان‌های مسئول و قانون‌گذاری‌ها همگی باید به سمت تحقق اطمینان از ایمنی و قابلیت اطمینان این نوع از هواگردها حرکت کند.

۶ قوانین لازم به منظور بهره‌برداری از پرنده‌های عمودپرواز

مطالعات حوزه‌ی پرنده‌های عمود پرواز الکتریکی تنوع رویکردها را برای ارتفاع پروازی این پرنده‌ها به همراه دارد. بنابراین هنگامی که ترابری هوایی پیشرفته پیاده‌سازی شود، یک سیستم مدیریت ترافیک هوایی پیشرفته ضروری خواهد بود. بنابراین، ورودی‌های فضای شهری ممکن است حریم هوایی در ارتفاع پایین را با پرنده‌های عمود پرواز الکتریکی و حریم هوایی در ارتفاعات بالا را با هواگردهای معمولی به اشتراک بگذارند. از این رو به منظور بررسی این موضوع سوالاتی بصورت زیر مطرح می‌شوند که باید به آنها پاسخ داد[۱].

- چگونه مسیرهای هوایی در کلاس‌های مختلف حریم هوایی تنظیم می‌شوند؟
- چه سطحی از خدمات ناوبری هوایی[7]مورد نیاز است؟
- دسترسی عادلانه به حریم هوایی چگونه تعریف می شود؟
- چه کسی تأثیرات احتمالی ناشی از عملکرد کاربران را نظارت خواهد کرد؟

شکل ۱۱ مقدار مجاز ارتفاع پروازی را برای هلیکوپترها و هواگردهای بدون سرنشین به عنوان یک معیار که شامل برخی از معافیت‌های سازمان ایمنی هوانوردی کشوری است را نشان می‌دهد.

شکل ۱۱– مجوزهای ارتفاع فعلی برای هلیکوپترها و هواگردهای عمود پرواز کنترل از راه دور [۱]

7. ANSP: Air navigation service provider

برای هلیکوپترها، حداقل ارتفاع مجاز معمولاً ۳۰۰ متر یا ۱۵۰ متر از سطح زمین خواهد بود.[۱] برعکس، در فضای کم ارتفاع، هواگردهای بدون سرنشین ممکن است تحت شرایط عملیاتی استاندارد تا حداکثر ارتفاع ۱۲۰ متر پرواز کنند. با این حال، برای هواگردهای کنترل از راه دور عمود پرواز این موارد می تواند شامل موارد زیر باشد:

- پرواز بالای ۱۲۰ متر در حریم هوایی؛
- عدم کاهش ارتفاع نزدیکتر از ۳۰ متر از مردم؛
- پرواز در نزدیکی سکوهای نشست و برخاست، بر روی مناطق و مسیرهای نزدیک.
- استفاده از خط دید بصری گسترده[۸]و فراتر از خط دید بصری[۹]

در این مرحله، برخی از هواگردهای عمود پرواز الکتریکی[۱۰] به گونه‌ای طراحی می‌شوند که در حداقل ارتفاع مجاز برای به حداکثر رساندن کارایی آنها برای پرواز، ارتفاعات حدود ۳۰۰ تا ۳۰۰۰ متر می باشد.

همچنین از نکات قابل تامل برای قانون‌گذاری در حوزه ترابری هوایی پیشرفته می‌توان به زیرساخت‌های لازم شهری اشاره نمود. به اینصورت که در داخل منطقه شهری، پیکربندی‌های مختلف زیرساختی امکان‌پذیر است و انتظار می‌رود با نوع و مقیاس ماموریت مدنظر مطابقت داشته باشد.

به عنوان مثال، سکوهای فرود را می‌توان بر روی پشت بام ساختمان‌های موجود (مانند پارکینگ‌ها، ایستگاه‌های قطار)، پد فرود بالگردها و یا فرودگاه‌ها قرار داد. بخشی از ارزیابی‌های محیطی باید پیامدهای سیستماتیک فعال کردن عملیات هواگردهایی را که قادر به پروازهای برد کوتاه در مقابل پروازهای طولانی‌تر هستند، در نظر بگیرد. به‌عنوان مثال، اگر برد پرواز کوتاه باشد، بسته به ماموریت، باید سکوهای نشست و برخاست بیشتری آماده شوند. همچنین باید در نظر داشت، تنوع احتمالی الزامات قانونی برای حمل و نقل پرنده‌های عمودپرواز الکتریکی در حوزه‌های مختلف ممکن است هزینه‌های اضافی به شرکت‌های تولیدکننده و همچنین ذینعفان تحمیل کند.

به طور کلی، تحقیقات و کاوش‌های بیشتر برای درک مفاهیم جدید مدیریتی درحوزه ترافیک هوایی و فناوری مربوط به شبکه‌های اشتراک‌گذاری داده‌ای هواگردها، می‌تواند ایمنی هواگردهای به کار رفته در ترابری هوایی را در تمام کلاس‌های پروازی تضمین کند و کارایی آن‌ها را برای کاربران افزایش دهد.

طراحی هواگردهای[۱۱] VTOL و eVTOL

در حال حاضر بیش از ۲۰۰ برنامه برای طراحی هواپیمای عمود پرواز وجود دارد که طیف وسیعی از طراحی‌ها و قابلیت های عملیاتی را پوشش دهند[۱]. تعداد شرکت‌ها و سازمان‌هایی که در این فضا طراحی و تحقیق می‌کنند متنوع و پویا است، که از توسعه و راه‌اندازی‌ها تا همکاری‌های ایجاد شده بین شرکت‌های بزرگ، سازمان‌های دولتی و دانشگاه‌ها را شامل می شود.

چنین سطح قابل توجهی از سرمایه‌گذاری تحقیق و توسعه نشان می‌دهد که فعالان صنعت، آینده درخشان و پرسودی را برای این بخش می‌بینند.

به ازای هواگردهای با ماموریت‌های مختلف طراحی‌های متفاوتی وجود دارد که بستگی به ماموریت تعیین شده توسط بازار هدف برای آن دارد. در حالی که الزامات مسافر و بار متفاوت است، بخش‌های کلیدی مشخصات طراحی برای همه طراحان و تولیدکنندگان اهمیت دارد که در ادامه لیست شده‌اند. این لیست باید با برنامه‌های بازار هدف هماهنگ باشد، زیرا مشخصات هواپیما باید با ماموریت تعریف شده مطابقت داشته باشد[۲].

مشخصه‌های کلیدی طراحی:

- وزن محموله
- برد
- سرعت کروز
- ایمنی و دقت
- انعطاف پذیری در آب و هواهای مختلف
- آثار زیست محیطی و تولید پسماند
- سر و صدا
- ارتفاع پروازی
- وزن
- هزینه هر کیلووات ساعت مصرف انرژی برای شارژ وسیله پرنده
- ابعاد
- زمان شارژ
- الزامات زیرساختی
- ارتباطات
- خلبان خودکار
- قابلیت‌های تعمیر و نگهداری

به طور کلی می‌توان پر نده های عمودپرواز را به شـــش د سته‌بندی کلی تق سیم نمود. جدول ۱ به ارائه‌ای از د سته‌بندی و شکل این نوع پرنده‌ها اشاره می‌نماید.

جدول ۱– طرح‌های مختلفی از هواگردهای عمود پرواز

8. EVLOS: extended visual line-of-sight
9. BVLOS: beyond visual line-of-sight
10. eVTOL
11. Vertically flying birds

ردیف	دسته‌بندی	شکل
۱	هواگردهای مرکب[۱۲]	
۲	تولیدکننده تراست چرخان[۱۳]	
۳	تیلت روتور[۱۴]	
۴	هواپیمای دم‌نشین[۱۵]	
۵	هواپیمای با تولید نیروی برا با فن[۱۶]	
۶	هواپیما با بردار رانشی[۱۷]	

ارزیابی کامل همه طرح‌های هواگردهای عمود پرواز الکتریکی در محدوده این مقاله نیست. این هواگردها باید بر اساس کاربرد مورد استفاده و نوع ماموریت ارزیابی شوند.

۷ چالش‌های حوزه‌ی ترابری هوایی پیشرفته

به طور کلی، عموم مردم چندان نگران فناوری یک محصول نیستند، بلکه به راه حل‌های ساده‌ای نیاز دارند که به نفع زندگی آنها بوده و به طور فزاینده‌ای از نظر زیست محیطی پایدار و به لحاظ اجتماعی مورد پذیرش باشد. بنابراین، ماموریت ترابری هوایی پیشرفته باید حول بازارهای هدف شناسایی شده و مجموعه‌ای از پاسخ‌ها به نیازمندی‌های مشتری باشد، در حالی که اهداف تجاری ذینعفان را نیز برآورده می‌کند. جدول ۲ مقایسه‌ای از نیازمندی‌های مشتری و اهداف تجاری ذینعفان را نشان می‌دهد[۱].

12. compound aircraft
13. tilting thrust producer
14. Tilt-Rotor

جدول ۲- مقایسه نیازمندی‌های مشتری و اهداف تجاری ذینعفان

نیازمندی‌های مشتری	اهداف تجاری ذینعفان
۱) ایمنی ۲) در دسترس بودن موثر ۳) قابلیت اطمینان ۴) عدم تاخیر در ارائه‌ی خدمات ۵) راحتی ۶) صرفه‌ی اقتصادی داشتن ۷) سازگاری با محیط زیست	۱) سودآوری و کارایی ۲) جذاب بودن ۳) مورد پذیرش جامعه قرار گرفتن ۴) انطباق پیدا کردن با ماموریت‌ها

از منظر تجاری، حمل و نقل هوایی افراد و محموله فرصتی برای سود اقتصادی است که در آن نیازهای مشتری به طور موثر برآورده می‌شود. درک اندازه‌گیری سود اقتصادی یکی از دیگر چالش‌ها است زیرا بازگشت سرمایه در سیستم‌های ترابری هوایی پیشرفته باید قابل دستیابی باشد. با این حال، این مزایا همچنین باید در برابر پیامدهای منفی بالقوه فناوری‌های جدید مانند ایرادات نرم‌افزاری، عدم پایداری ارتباطات و موارد مشابه با آن متعادل شوند که میزان آن نیز باید ارزیابی شود.

از دیگر چالش‌های این حوزه می‌توان به این امر اشاره کرد که اگر یک ماموریت با سطح حساسیت بالا برای ترابری هوایی پیشرفته پیشنهاد شود، باید دقت شود که روش ترابری هوایی تمامی استانداردهای لازم برای انجام ماموریت مورد نظر را داشته باشد. این انتظار نیز باید از همان ابتدا در مرحله طراحی مفهومی دیده شود. همچنین طرح باید دارای استراتژی عملیاتی کامل، مراحل، اثرات، استراتژی‌های کاهش هزینه و مزایای وزنی باشد.

۸ مجموعه اقدامات لازم در برنامه‌ی آینده ترابری هوایی پیشرفته

با توجه به نیاز به پرداختن به ترابری هوایی به عنوان یک سیستم یکپارچه (متشکل از هواپیما، ماموریت‌ها و زیرساخت‌های حمل و نقل هوایی) و در عین حال درک پیامدهای اجتماعی و نظارتی مرتبط با آن، نیاز است تا دولت، صنعت و دانشگاه‌ها برای تسریع روند توسعه در این حوزه و مطالعه جنبه‌های مختلف ترابری هوایی پیشرفته در شهرها و مناطق مختلف اقلیمی ایران، تلاش توامان خود را به کار گیرند.

همچنین به منظور درک بهتر چالش‌های فنی و چالش‌های اجتماعی ترابری هوایی پیشرفته در ایران، دولت می‌تواند وظیفه نظارتی را مشخص کند و از نوآوری حمایت کند و مجموعه

15. tail-sitter
16. lift fans
17. vectored thrust

مهارت‌های مورد نیاز برای استقرار و انتقال موثر فناوری‌های مربوطه را توسعه دهد.

پیشنهاد می‌شود مطالعات و تحقیقات حول موضوعات مطروحه‌ی ذیل متمرکز شوند:

- ماموریت‌ها و اولویت‌های ماموریتی بومی با لحاظ کردن مباحث خاص کشور
- روند حصول این نوع از فناوری باتوجه به تحریم‌ها
- مطالعه امکان‌سنجی مالی مدل‌های عملیاتی
- پذیرش اجتماعی
- تجزیه و تحلیل سیستماتیک و برنامه‌ریزی یکپارچه برای ترابری هوایی پیشرفته
- ارتباطات، تبادل داده، سیستم‌های ارتباطی و خلبان خودکار
- سیستم‌های ذخیره و تولید انرژی
- نرم افزار و سیستم‌های هواپیما
- عوامل محیطی تاثیرگذار

۹ جمع بندی و نتیجه‌گیری

وجود جمعیت متمرکز و فعال در شهرهای بزرگ باعث تحمیل بار ترافیکی سنگین و هزینه‌های بسیار زیادی به حکومت‌ها می‌شود. در این مقاله به سفر هوایی به عنوان گزینه‌ای قابل توجه برای بهبود شبکه‌های حمل و نقل در داخل و بین شهرها و مناطق مختلف در ایران پرداخته‌شده است. به بیان ساده، راه‌های ترابری هوایی ظرفیت قابل توجهی برای جابجایی کالا و افراد در یک محیط شهری و منطقه‌ای را می‌توانند فراهم کنند و نیاز به ایجاد زیرساخت‌های حمل و نقل زمینی غیر قابل انعطاف و سرمایه بر را کاهش دهند. در این میان توجه به ظرفیت بازار کشور نیز حائز اهمیت است چرا که با توجه به نرخ رشد جمعیت نزدیک به ۱,۳ درصدی در سال های‌آینده تراکم جمعیتی و مسائل مربوط به آن افزایش می‌یابد و از سوی دیگر تقاضا برای جابجایی سریع تر و راحت تر در اولویت جوامع قرار خواهد گرفت که همین امر لزوم پرداختن به موضوع ترابری هوایی پیشرفته را تایید می‌نماید. همچنین شبکه حمل‌ونقل در ایران به دلیل تحریم‌های موجود و درنتیجه‌ی آن محدودیت در سرمایه‌گذاری در طول سال‌ها، به شدت نیازمند توسعه و ارتقا است. به این صورت که فرودگاه‌ها و ناوگان هوایی بیشترین ضربه را از تحریم‌ها خورده‌اند. حمل‌ونقل هوایی ایران سال‌هاست تحت تاثیر تحریم قرار گرفته و به همین علت کشور نتوانسته ناوگان فرسوده خود را به خوبی نوسازی و بازسازی کنند. در نتیجه، این امر منجر به ضعف در این حوزه از حمل و نقل در ایران شده است. توسعه فناوری‌های مربوط به ترابری هوایی پیشرفته، می‌تواند یکی از راهکارها به منظور مقابله با تحریم و همچنین بی‌اثر کردن آن و تقویت و پیشرفت صنعت حمل و نقل هوایی در ایران باشد. اما در این میان علاوه بر قابلیت‌های فراوان و نکات مثبت ترابری هوایی پیشرفته، برخی از چالش‌های مدیریتی در این حوزه را هم به دنبال دارد که ازجمله‌ی آن می‌توان به متعادل‌سازی بین نیاز جامعه (مشتری) و صرفه‌ی اقتصادی برای ذینعفان اشاره کرد. همچنین به عنوان یکی از چالش‌های موجود در این حوزه، می‌توان به مسائل مربوط به طراحی پرنده‌های عمودپرواز که در ترابری هوایی مورد استفاده قرار می‌گیرند، اشاره نمود، به اینصورت که خود این وسایل پرنده باید خصوصیاتی از قبیل راحتی، ابعاد مناسب، انرژی کافی، سازگاری بامحیط زیست و سایر موارد را دارا باشند. در آخر با بررسی های صورت پذیرفته و مطالعات انجام شده می‌توان نتیجه گرفت که با توجه به رشد جمعیتی ایران و توزیع مراکز جمعیتی و اقلیم آن، ترابری هوایی پیشرفته یکی از گزینه‌های بسیار مهم برای توسعه‌ی حمل و نقل در ایران به حساب خواهد آمد و پیشنهاد می‌گردد تا در حوزه‌های مطالعات امکان سنجی و مدل‌های عملیاتی، پذیرش اجتماعی، تجزیه و تحلیل سیستماتیک و برنامه ریزی یکپارچه برای ترابری هوایی پیشرفته، سیستم های ذخیره انرژی و تولید انرژی، نرم افزار و سیستم های هواپیما و عوامل محیطی تاثیرگذار، سرمایه‌گذاری شود و ترابری هوایی مبتنی بر پهپاد به عنوان گزینه‌ی محتمل و رقابتی در بازارهای جهانی و سود آور برای کشور بطور جدی دنبال شود.

۱۰ مراجع

[1] H. P. D. Creighton , B. Gunn, R. Perez-Franco, *Advanced Aerial Mobility and eVTOL aircraft in Australia: Promise and Challenges*. Deakin University, 2020. https://doi.org/10.30699/jtae.2023.7.3.4

[2] C. Wallace, "Japan’s promotion of smart cities at home and abroad: socioeconomic and strategic considerations," 2022.

[3] "ACCELERATING AMBITION," *Aerospace Technology Institute* 2019.

[4] "National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, Advanced Aerial Mobility: A National Blueprint," *Washington, DC*, 2020.

[5] D. P. Thipphavong *et al.*," Urban air mobility airspace integration concepts and considerations," in *2018 Aviation Technology, Integration, and Operations Conference*, 2018, p. 3676. https://doi.org/10.2514/6.2018-3676

[6] C. Alcock, "Asia-Pacific Stakes Claim to Place in Urban Air Mobility Revolution," *AIN online*,2020.

[7] B. German, M. Daskilewicz, T. K. Hamilton, and M. M. Warren, "Cargo delivery in by passenger evtol aircraft: A case study in the san francisco bay area," in *2018 AIAA Aerospace Sciences Meeting*, 2018, p. 2006. https://doi.org/10.2514/6.2018-2006

[8] J. Jung, "South Korea to Speed up Commercialization of Urban Air Mobility by 2025," *Koreatechtoday*, 2020.
[9] M. Stanley. (2020). *Are flying cars preparing to takeoff?* . Available: https://www.morganstanley.com/ideas/autonomous-aircraft.
[10] Y. Zhou, H. Zhao, and Y. Liu, "An evaluative review of the VTOL technologies for unmanned and manned aerial vehicles," *Computer Communications*, vol. 149, pp. 356-369, 2020. https://doi.org/10.1016/j.comcom.2019.10.016
[11] Z. Liu, Y. Zhang, C. Yuan, L. Ciarletta, and D. Theilliol, "Collision avoidance and path following control of unmanned aerial vehicle in hazardous environment," *Journal of Intelligent & Robotic Systems*, vol. 95, pp. 193-210, 2019. https://doi.org/10.1007/s10846-018-0929-y
[12] R. Goyal *et al.*, "Urban air mobility (UAM) market study," 2018.
[13] T. Prevot, J. Rios, P. Kopardekar, J. E. Robinson III, M. Johnson, and J. Jung, "UAS traffic management (UTM) concept of operations to safely enable low altitude flight operations," in *16th AIAA aviation technology, integration, and operations conference*, 2016, p. 3292. https://doi.org/10.2514/6.2016-3292
[14] B. J. Holmes, "A vision and opportunity for transformation of on-demand air mobility," in *16th AIAA Aviation Technology, Integration, and Operations Conference*, 2016, p. 3465. https://doi.org/10.2514/6.2016-3465
[15] M. Narkus-Kramer, "On-Demand Mobility (ODM): A Discussion of Concepts and Required Research," in *2013 Aviation Technology, Integration, and Operations Conference*, 2013, p. 4294. https://doi.org/10.2514/6.2013-4294
[16] M. J. Duffy, S. R. Wakayama, and R. Hupp, "A study in reducing the cost of vertical flight with electric propulsion," in *17th AIAA Aviation Technology, Integration, and Operations Conference*, 2017 ,p. 3442. https://doi.org/10.2514/6.2017-3442
[17] Y. Gawdiak *et al.*, "Air transportation strategic trade space modeling and assessment through analysis of on-demand air mobility with electric aircraft," in *12th AIAA Aviation Technology, Integration, and Operations (ATIO) Conference and 14th AIAA/ISSMO Multidisciplinary Analysis and Optimization Conference*, 2012, p. 5594. https://doi.org/10.2514/6.2012-5594
[18] *Cuentas Nacionales Anuales*. Available: https://www.cbi.ir/simplelist/2054.aspx
[19] Available: https://www.farsnews.ir
[20] *104 Transportation Industry Statistics You Can't Ignore: 2023 Market Share & Data Analysis*. Available: https://financesonline.com/transportation-industry-statistics/
[21] S. Fitzpatrick, *The Future of Advanced Aerial Mobility*. 2021.
[22] *FRANCE FREIGHT AND LOGISTICS MARKET SIZE & SHARE ANALYSIS -GROWTH TRENDS & FORECASTS UP TO 2029*. Available: https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/france-freight-and-logistics-market
[23] *Transport Industry in Germany - Statistics & Facts*. Available: www.statista.com/topics/6412/transport-industry-in-germany/
[24] (2023) *Global Urban Air Mobility (UAM) Market*. Available: https://www.psmarketresearch.com/market-analysis/urban-air-mobility-market