Archive of SID.ir

مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی

دفتر مطالعات انرژی، صنعت و معدن

مسلسل: ۱۹۵۴۶ ■ دی ۱۴۰۲

واکاوی زیست‌بوم سامانه‌های جابه‌جایی هوایی پیشرفته (هواگردهای نسل جدید)

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

تاریخ انتشار:
۳۰ ۱۰ ۱۴۰۲

شماره مسلسل: ۱۹۵۴۶
کد موضوعی: ۳۱۰

مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی

عنوان گزارش:
واکاوی زیست‌بوم سامانه‌های جابه‌جایی هوایی پیشرفته (هواگردهای نسل جدید)

نام دفتر:
مطالعات انرژی، صنعت و معدن (**گروه فناوری‌های نوین**)

مدیر مطالعه:
سهیلا خردمندنیا

تهیه و تدوین:
علی اعظمی

ناظران علمی:
حبیب‌اله ظفریان، سعید شجاعی

اظهارنظرکنندگان:
رضا گلشن خواص، بهزاد دوستی سبزی

گرافیک و صفحه آرایی:
نفیسه حاجی‌صفری

ویراستار ادبی:
زهره عطاردی

واژه‌های کلیدی:
۱. زیست‌بوم
۲. هواپیما
۳. هواگرد
۴. سامانه‌های جابه‌جایی هوایی پیشرفته

تاریخ شروع مطالعه:
۱۴۰۲/۲/۱

دفتر مطالعات انرژی، صنعت و معدن

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

واکاوی زیست‌بوم سامانه‌های جابه‌جایی هوایی پیشرفته (هواگردهای نسل جدید)

چکیده

گزارش حاضر به بررسی و واکاوی زیست‌بوم سامانه‌های جابه‌جایی هوایی پیشرفته از ابعاد مختلف پرداخته و هدف آن بیان موضوع و آشنایی سیاستگذاران با این زیست‌بوم است. از مهمترین ظرفیت‌های زیست‌بوم سامانه‌های جابه‌جایی هوایی پیشرفته در کشور می‌توان به توسعه پژوهش‌ها و فناوری این عرصه، تقویت اشتغال دانش‌بنیان در حوزه صنایع هوایی و امکان حضور در زنجیره ارزش جهانی، افزایش کیفیت و دسترسی به خدمات اجتماعی عمومی نظیر مقابله با بحران و بلایای طبیعی، اورژانس‌های هوایی و سرعت‌بخشی به عملیات‌های اضطراری، تکمیل بخشی از شبکه پروازی داخلی و ارتقای خدمات قطب و اقماری و افزایش بهره‌وری زیرساخت‌های فرودگاه‌های هوانوردی عمومی و گردشگری هوایی اشاره کرد. البته باید توجه داشت که پرداخت به این زیست‌بوم و توسعه آن دارای ملاحظات و چالش‌های مختلفی از ابعاد حاکمیتی، اجتماعی، فناوری، اقتصادی، زیرساخت، معماری شهری، ایمنی و امنیت است که در سیاستگذاری‌ها و جهت‌گیری‌های فناورانه کشور باید مدنظر قرار گیرد.

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

خلاصه مدیریتی

بیان شرمسه

در تعریف کلی، سامانه جابه‌جایی هوایی پیشرفته شامل توسعه و بهره‌برداری از طیف وسیعی از هواگردهای جدید با قابلیت عمودبرخاست با پیش‌رانه متنوع (عمدتاً الکتریکی) است که امکان جابه‌جایی مسافر و کالا برحسب تقاضا (برنامه‌ریزی نشده) و همین‌طور عملیات ویژه هوایی (حوزه‌های کشاورزی، منابع طبیعی، صنعت، پدافند غیرعامل و خدمات اورژانس) را به‌صورت ایمن، پاک و کارآمد در پروازهای کوتاه‌برد و میان‌برد فراهم می‌کند. مهمترین اهدافی که در زیست‌بوم سامانه‌های جابه‌جایی هوایی پیشرفته دنبال می‌شود، ارائه خدمات نوین، متنوع و سریع در یک شبکه عملیات ایمن و کارآمد هوایی به‌صورت گسترده، پویا و پشتیبانی از پایداری آن است.

با توجه به جدید بودن این زیست‌بوم در جهان، پرداختن به چنین موضوعی از زوایای مختلف در پژوهش حاضر، لزوماً به منظور پیاده سازی سریع و عملیاتی کردن آن در کشور نیست؛ بلکه آشنایی با تحولات فناورانه و نوآورانه در سامانه های جابه جایی هوایی پیشرفته و شفاف کردن ابعاد آن با توجه به الزامات حمل‌ونقل پایدار و هوشمند، معماری شهری، توسعه و انتقال فناوری مدنظر بوده است.

نقطه نظرات / یافته های کلیدی

این سامانه‌ها در فاز اول با تعریف مفاهیم و توسعه خودروهای پرنده، سپس در فاز دوم با عملیات اولیه ارائه خدمات شهری توسط بالگرد ادامه یافت و امروزه در فاز سوم نوآوری در ارائه خدمات عمدتاً عمومی (انتقال اقلام ضروری و اورژانسی) دنبال می‌شود. فازهای آتی شامل سه مورد زیر است:

- خدمات کریدور با استفاده از هواگردهای عمودبرخاست، با هدف ایجاد و توسعه خدمات برنامه‌ریزی شده در مسیرهای کوتاه با پروازهای مکرر (شاتل هوایی) در مسیرهای هوایی خاص (مثلاً از فرودگاه به مرکز شهر) با استفاده از هواگردهای عمودبرخاست؛
- خدمات قطب و اقماری، به‌منظور ارائه خدمات از پیش برنامه‌ریزی شده سفرهای درون‌شهری یا بین‌شهری هوایی (مترو هوایی) و متعدد روزانه بین یک هاب عمودبرخاست (قطب) و چند پایگاه عمودبرخاست (اقمار)؛
- خدمات تاکسی هوایی نقطه‌به‌نقطه (به‌منظور استقرار سامانه ارائه خدمات غیرمتمرکز نقطه‌به‌نقطه و برحسب تقاضا توسط هواگردهای عمودبرخاست به کمک زیرساخت سکوهای [پرواز] عمودبرخاست متعدد و پایگاه‌های عمودبرخاست کوچک).

در این گزارش توسعه زیست‌بوم و سامانه‌های جابه‌جایی هوایی پیشرفته از منظر توسعه پایدار، زنجیره ارزش و حمل‌ونقل هوشمند واکاوی شده است.

- از منظر حمل و نقل پایدار، سامانه‌های جابه‌جایی هوایی پیشرفته با ویژگی یکپارچگی در ارائه خدمات و تسهیل و تسریع آنها، بهینه‌سازی کارکرد شهری و استفاده از انرژی‌های پاک را می‌توان به‌عنوان راه‌حلی برای کاهش آثار سوء زیست‌محیطی نظیر آلودگی هوا ناشی از مصرف بالای سوخت‌های فسیلی در نظر گرفت. این زیست‌بوم با برخی دیگر از شاخص‌های توسعه حمل‌ونقل پایدار نظیر کارآمدی خدمات، تنوع در سیستم‌های حمل‌ونقل، افزایش ایمنی و کاهش استفاده از زمین در مناطق متراکم انطباق دارد. اما برخی عوامل همچون موضوع قیمت گذاری خدمات در ملاحظه شاخص رعایت عدالت اجتماعی به‌دلیل حجم بالای سرمایه‌گذاری اولیه در ایجاد زیرساخت‌ها و شاخص امکان گسترش خدمات در این سامانه به‌دلیل نیاز به بازآرایی سیاست‌ها و رویکردهای معماری شهری و برخی دیگر از ملاحظات (مانند ملاحظات امنیتی) در کوتاه‌مدت با رویکرد حمل‌ونقل پایدار منطبق نیست و به آینده‌ای میان‌مدت تا بلندمدت نیاز دارد.
- با نگاهی به زنجیره ارزش این زیست بوم باید گفت مواردی از قبیل تفاوت در حجم سرمایه‌گذاری اولیه در ایجاد زیرساخت‌ها، تفاوت در شیوه جابه‌جایی هوایی و ظرفیت ارائه خدمات در قیاس با زنجیره ارزش مرسوم صنایع هوایی، سبب بازآرایی ساختار زنجیره ارزش آن شده است. همچنین بالا بودن هزینه‌های

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

نیروی انسانی و ایمنی پروازی ناشی از قصور انسانی از جمله نگرانی‌های چالش‌برانگیز در این زمینه است. البته پایین بودن هزینه سامانه‌های پیشرانش و تنوع خدمات جابه‌جایی هوایی از مزیت‌های آن به‌شمار می‌رود.

- ارزش آفرینی به‌واسطه ارائه خدمات نوین در زنجیره ارزش سامانه‌های جابه‌جایی هوایی پیشرفته نیز نیازمند ملاحظه و عملیاتی کردن ظرفیت های حمل و نقل هوشمند است. بنابراین استفاده از ظرفیت‌های انقلاب صنعتی چهارم نظیر استفاده از هوش مصنوعی در این سامانه‌ها که هم‌اکنون بسیاری از آن در خودروهای خودران نیز استفاده می‌شود، منجر به افزایش کارایی این زیست‌بوم خواهد شد. ازاین‌رو دولت و بخش‌های دفاعی می‌توانند به جهت کاربرد گسترده مؤلفه‌های حمل‌ونقل هوشمند در این زیست‌بوم، از آن به‌عنوان یک حوزه پیشرو و دارای سرریزهای فناورانه ارزشمند بهره‌مند شوند.

در ایران موضوع هواپیماهای کوچک‌مقیاس تا حدی به توسعه زیست‌بوم هوانوردی و حمل‌ونقل عمومی کشور وارد شده است. همچنین باید به اولویت‌های مشخص شده در طرح جامع حمل‌ونقل کشور در موضوع تأمین ناوگان هوایی سبک و فوق‌سبک (کوچک) و زیرساخت‌های مورد نیاز آن اشاره کرد.

برخی از ظرفیت هایی که زمینه ساز توجه به توسعه این فناوری در کشور هستند عبارتند از:

- افزایش کیفیت و دسترسی به خدمات اجتماعی عمومی نظیر مقابله با بحران و بلایای طبیعی، اورژانس‌های هوایی و سرعت‌بخشی به عملیات‌های اضطراری؛
- تکمیل‌بخشی از شبکه پروازی داخلی و ارتقای خدمات قطب‌واقماری و افزایش بهره‌وری زیرساخت‌های فرودگاه‌های هوانوردی عمومی؛
- ظرفیت‌های قابل توجه در گردشگری هوایی (به‌ویژه ایجاد جاذبه، تسهیل دسترسی به مناطق گردشگری و کاهش زمان حمل‌ونقل برای گردشگران خارجی با هدف ترویج سفر به ایران)؛
- توسعه پژوهش‌ها و فناوری و تقویت اشتغال دانش‌بنیان در حوزه صنایع هوایی و حضور در زنجیره ارزش.

در این میان در کشور مجموعه محدودیت هایی در مسیر توسعه زیست‌بوم سامانه‌های جابه‌جایی هوایی پیشرفته وجود دارد که در قالب زیر قابل دسته‌بندی هستند:

- عدم شناسایی ظرفیت‌ها (مزایا و هزینه فرصت‌ها)؛
- عدم آشنایی و اولویت موضوع توسط سیاستگذاران؛
- ملاحظات و ویژگی‌های زیست‌بومی کشور؛
- چالش‌های اقتصادی و جذب سرمایه؛
- چالش‌های فناورانه در سیستم‌های دارای فناوری بالا؛
- ملاحظات معماری شهری؛
- ملاحظات پذیرش اجتماعی؛
- زیرساخت‌های فیزیکی و ارتباطی؛
- ملاحظات ایمنی و امنیتی.

پیشنهاد راهکار تقنینی، نظارتی یا سیاستی

با وجود رویکردهای مثبت جهانی به توسعه سامانه‌های جابه‌جایی هوایی پیشرفته و سرمایه‌گذاری در آن، لازمه حرکت به چنین سمتی در کشور ما، رفع ابهامات و محدودیت‌های پیش روی توسعه آن به‌خصوص ملاحظات ایمنی و امنیتی است. ازاین‌رو، گام های پیشنهادی اولیه قبل از تصمیم گیری در خصوص پرداخت به این حوزه عبارتند از:

- تعامل بازیگران در راستای شناخت محدودیت‌ها و دستیابی به گفتمان مشترک برای امکان‌سنجی حل چالش‌ها به‌ویژه ملاحظات امنیتی و شهری؛
- بررسی ظرفیت‌ها و مزایای توسعه این زیست‌بوم با نگاه به ارتقای کیفیت و دسترسی سریع به خدمات اجتماعی عمومی و گردشگری هوایی؛
- امکان‌سنجی ایجاد زیرساخت‌های فرودگاهی و بهره‌مندی از ظرفیت فرودگاه‌های اقماری.

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

۱. مقدمه

۱ ۱. هوانوردی عمومی و جایگاه هوانوردی پیشرفته در آن

به‌طور کلی هوانوردی شاخه‌ای از هوافضاست که شامل طیف وسیعی از بخش‌های درگیر در حوزه‌های دفاعی و غیردفاعی است. هوانوردی غیردفاعی دارای دو بخش کلی هوانوردی تجاری و هوانوردی عمومی است. هوانوردی عمومی اگرچه در کشورها تعاریف یکسانی ندارد، اما بیشتر کشورهایی که در این زمینه فعالیت می‌کنند شالوده آن را بر این اساس قوانین هوانوردی یکسانی[1] وضع کرده‌اند. هوانوردی عمومی از منظر کاربری شامل بخش‌هایی مانند هوانوردی کسب‌وکار (تجاری)، هوانوردی کشاورزی، هوانوردی فراساحلی، هوانوردی تفریحی، تاکسی هوایی و خدمات ویژه هوایی است (شکل ۱). کاربردهای ویژه‌ای از قبیل بازرسی خطوط نیرو، نفت و گاز، امور امنیتی، تست‌های ویژه، کنترل و مبارزه با قاچاق مواد مخدر، مرزبانی، مدیریت بحران در حوادث غیرمترقبه، جست‌وجو، امداد و نجات و کاربردهای پزشکی، نقشه‌برداری و زمین‌شناسی، تحقیقات هواشناسی و باروری ابرها، اطفای حریق، حفاظت محیط زیست و حیات وحش، کنترل ترافیک و کاربردهای انتظامی، آموزش‌های تعمیرات و نگهداری، نمایش‌های هوایی، تبلیغات هوایی (کشیدن بنر و آگهی) وجود دارد. همچنین کاربردهای تفریحی و ورزشی و مسابقات هوانوردی از جمله سایر کاربری‌های هوانوردی عمومی هستند. این حوزه علاوه‌بر برآورده کردن نیاز مشتریان به جابه‌جایی کالا، سرویس‌های دیگری نظیر آموزش‌های حرفه‌ای، خدمات تخصصی، سرگرمی و ... نیز ایجاد کرده است [۱].

توسعه فناوری سامانه‌های جابه‌جایی هوایی پیشرفته (ارجاع به جدول ۱) به‌عنوان بخشی از حمل‌ونقل هوایی عمومی سابقه‌ای طولانی دارد که می‌توان به سه بازه زمانی تقسیم کرد:

فاز اول: طراحی و ساخت مدل مفهومی خودرو پرنده (از اوایل دهه ۱۹۱۰ تا ۱۹۵۰)؛

فاز دوم: عملیات اولیه سامانه هوایی شهری با خدمات برنامه‌ریزی شده (از دهه ۱۹۵۰ تا ۱۹۸۰)؛

فاز سوم: ظهور مجدد خدمات هوایی با نوآوری در ارائه خدمات (شروع از سال ۲۰۱۰ تاکنون) [۲].

این نوع سامانه‌ها که در سال‌های اخیر توجه زیادی را به خود جلب کرده‌اند، به‌عنوان یک فناوری تحول‌آفرین و دارای مزیت‌های اقتصادی و اجتماعی مطرح هستند. برخی از کاربردهای اصلی سامانه‌های جابه‌جایی هوایی پیشرفته که قادرند فرصت‌های متنوعی ایجاد نمایند عبارتند از:

- کاهش نیاز به تردد وسایل نقلیه در مراکز پرجمعیت شهری،
- کاهش زمان پاسخ به عملیات‌های اضطراری،
- افزایش دامنه دسترسی به مراکز پرازدحام شهری،
- گزینه‌های مدیریت تقاضای حمل‌ونقل[2] بیشتر،
- توسعه فعالیت نیروهای کار فنی و متخصص و ایجاد فرصت‌های اقتصادی،
- پیوند ارتباطی قوی‌تر مناطق روستایی با فرصت‌های شهری،

1. FAR103, JAR-1
2 .Transportation Demand Management

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

- افزایش بهره‌وری از زیرساخت‌های فرودگاه هوانوردی عمومی،
- قابلیت‌های اضافی در واکنش در بلایا،
- کاهش آلایندگی.

همچنین برنامه‌ریزی سامانه‌های جابه‌جایی هوایی پیشرفته فرصت‌هایی را برای بهبود عدالت اجتماعی، کاهش اثرات ثانویه ازدحام، ادغام با مدهای حمل‌ونقل موجود، کاهش تراکم شهری و ایجاد راه‌حل‌های حمل‌ونقل چندوجهی ارائه می‌دهد.

مأخذ: [۱].

با توجه به روند رو به رشد و توجه به توسعه فناوری سامانه‌های جابه‌جایی هوایی پیشرفته در سطح جهانی و فرصت‌ها و مزایایی که قابل حصول است، در این گزارش زیست‌بوم سامانه‌های جابه‌جایی هوایی پیشرفته از ابعاد مختلف با هدف شناخت و توجه به آن به‌عنوان یکی از حوزه‌های تحول‌آفرین فناورانه و آینده‌نگرانه بررسی شده است. هرچند این حوزه قبلاً با عنوان حمل‌ونقل هوایی برون‌شهری هواپیماهای کوچک ذیل حوزه هوانوردی عمومی در کشور وجود داشته است؛ اما با توجه به جدید بودن این زیست‌بوم در جهان، پرداخت به چنین موضوعی از زوایای مختلف در پژوهش پیش رو لزوماً به‌منظور پیاده‌سازی سریع و عملیاتی کردن آن در کشور نیست؛ بلکه آشنایی با تحولات فناورانه و نوآورانه در سامانه‌های جابه‌جایی هوایی پیشرفته و شفاف کردن ابعاد آن با توجه به الزامات حمل‌ونقل پایدار و هوشمند، معماری شهری، توسعه و انتقال فناوری مورد توجه بوده است. مورد مشابه این گونه فناوری‌ها را می‌توان در خودروهای برقی جست‌وجو کرد که در سالیان اخیر سیاست‌های خودروسازی جهانی را تحت تأثیر قرار داده است و اکنون نه یک نوآوری فناورانه بلکه یک الزام فناورانه محسوب می‌شود.

در این گزارش ابتدا به بیان مفاهیم، تعاریف و ویژگی‌های مربوط به سامانه‌های جابه‌جایی هوایی پیشرفته پرداخته می‌شود. بخش بعدی به تاریخچه توسعه فناوری سامانه‌های جابه‌جایی هوایی پیشرفته، زیست‌بوم و دورنمای آن می‌پردازد. در ادامه زیست‌بوم سامانه‌های جابه‌جایی هوایی پیشرفته از منظر زنجیره ارزش، حمل‌ونقل پایدار و حمل‌ونقل هوشمند مورد بررسی قرار گرفته و به‌طور مختصر به وضعیت ایران در این حوزه پرداخته می‌شود. مطالعات عمیق‌تر در مورد نقاط قوت، ضعف، تهدید و فرصت اجرای زیست‌بوم سامانه‌های جابه‌جایی هوایی پیشرفته در کشور و الزامات و ملاحظات این حوزه در گزارش دیگری بررسی و منتشر خواهد شد.

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

۲. مفاهیم، تعریف و ویژگی‌های مربوط به سامانه‌های جابه‌جایی هوایی پیشرفته

در سال‌های اخیر، انواع پیشرفت‌های فناورانه در وسایل نقلیه الکتریکی، خودران و عمودبرخاست،[1] نوآوری‌هایی را در هوانوردی پیشرفته، از جمله طراحی، ارائه خدمات و مدل‌های تجاری جدید هواپیما پدید آورده است. این روندها دائماً در حال همگرایی هستند تا بتوانند فرصت‌های جدیدی را برای حمل‌ونقل هوایی برحسب مدل تقاضا برای جابه‌جایی مسافران و تحویل کالا در مناطق شهری فراهم آورند [۳]. مجموع این نوآوری‌ها در حوزه سامانه‌های جابه‌جایی هوایی با عنوان سامانه هوایی پیشرفته[2] شناخته می‌شود. این عنوان مفهوم گسترده‌تری ارائه می‌دهد که بر بازارهای هوانوردی در حال ظهور تمرکز دارد و موارد استفاده آن برای حمل‌ونقل هوایی برحسب تقاضا (برنامه‌ریزی نشده) در جوامع شهری، حومه و روستایی است. سامانه هوایی پیشرفته شامل موارد استفاده محلی با شعاع هشتاد کیلومتری در مناطق روستایی یا شهری و موارد استفاده درون‌منطقه‌ای تا چند صد کیلومتر است که در داخل یا بین مناطق شهری و روستایی رخ می‌دهد. سامانه هوایی شهری[3] که زیرمجموعه‌ای از سامانه هوایی پیشرفته است، یک سیستم حمل‌ونقل هوایی ایمن، پایدار، مقرون‌به‌صرفه و در دسترس برای جابه‌جایی مسافران، تحویل کالا و خدمات اضطراری در داخل یا عبور از مناطق شهری پیش‌بینی می‌کند. همچنین برنامه‌هایی برای حمل‌ونقل هوایی برحسب تقاضا در بازارهای روستایی وجود دارد که گاهی به‌عنوان سامانه هوایی روستایی[4] (به‌عنوان مثال، سم‌پاشی هوایی محصولات با استفاده از هواگردهای بدون سرنشین و ...) شناخته می‌شود. این سه مفهوم، یعنی سامانه‌های جابه‌جایی هوایی پیشرفته، شهری و روستایی ارتباط نزدیکی با بازار حمل‌ونقل هوایی دارند. مفهوم سفر درون‌منطقه‌ای با مسافر محدود، به یک کلاس پیش‌بینی شده با یک هواپیماهای مسافربری شامل ۴ تا ۹ صندلی اشاره دارد که پروازهای کوتاهی را انجام می‌دهند و خدمات برنامه‌ریزی شده و برحسب تقاضا را بین فرودگاه‌های کوچک‌تر ارائه می‌کنند [۴]. امروزه پیشرفت‌های فناورانه اخیر در پیشرانه الکتریکی، اتوماسیون و حسگر به طراحی و ساخت مدل‌های نوین هواگرد و به‌تبع آن توسعه زیرساخت‌ها و مدیریت ترافیک هوایی آن کمک کرده است. در جدول ۱ اصطلاحات پرکاربرد و مفاهیم کلیدی مرتبط با سامانه‌های جابه‌جایی هوایی تعریف شده است.

ردیف	مفهوم / عبارت	تعریف
	مفاهیم کلیدی	
۱	جابه‌جایی هوایی روستایی	یک سامانه حمل‌ونقل ایمن، پایدار، مقرون‌به‌صرفه و قابل دسترسی برای جابه‌جایی مسافران، تحویل کالا و خدمات اضطراری در داخل یا عبور از مناطق روستایی و برون‌شهری را شامل می‌شود؛ سامانه جابه‌جایی هوایی روستایی ممکن است با سامانه جابه‌جایی هوایی شهری هم‌پوشانی داشته باشد، به‌خصوص در مواردی که پرواز در ارتفاعی پایین انجام شود.
۲	جابه‌جایی هوایی شهری	سامانه جابه‌جایی هوایی شهری مجموعه‌ای از هواگردها را، با نیروی پیش‌ران متنوع (به‌عنوان مثال، باتری الکتریکی، هیدروژنی، هیبریدی یا فسیلی)، طراحی، فناوری، ظرفیت، دامنه، خودکاری و سازگاری با زیرساخت‌های موجود، دربرمی‌گیرد. این سامانه شامل حمل‌ونقل هوایی ایمن، پایدار، مقرون‌به‌صرفه و قابل دسترس برای جابه‌جایی مسافران، تحویل کالا و خدمات اضطراری در داخل یا در حال عبور از کلان‌شهرها می‌شود. همچنین ممکن است با حمل‌ونقل هوایی روستایی هم‌پوشانی داشته باشد.
۳	جابه‌جایی هوایی پیشرفته	سامانه جابه‌جایی هوایی پیشرفته مفهوم گسترده سامانه‌های جابه‌جایی هوایی شهری و روستایی است. سامانه هوایی پیشرفته شامل موارد استفاده محلی با شعاع حدود هشتاد کیلومتری (۵۰ مایل) در مناطق روستایی یا شهری و موارد استفاده درون‌منطقه‌ای تا چند صد کیلومتر است که در داخل یا بین مناطق شهری و روستایی رخ می‌دهد. موارد استفاده آن برای حمل‌ونقل هوایی برحسب تقاضا (برنامه‌ریزی نشده) در جوامع شهری، حومه و روستایی است. به‌عبارت‌دیگر، سامانه جابه‌جایی هوایی پیشرفته شامل توسعه و بهره‌برداری از طیف وسیعی از هواگردهای جدید با قابلیت عمودبرخاست است که امکان جابه‌جایی مسافر و کالا برحسب تقاضا (برنامه‌ریزی نشده) و همین‌طور عملیات ویژه هوایی (حوزه‌های کشاورزی، منابع طبیعی، صنعت، پدافند غیرعامل و خدمات اورژانس) به‌صورت ایمن، پاک و کارآمد در پروازهای کوتاه‌برد و میان‌برد فراهم می‌کند. همچنین می‌تواند دارای خلبان یا قابلیت خلبانی از راه دور یا خودران باشد.

۱. ارجاع به جدول ۱ قسمت حاضر.

2 .Advanced Air Mobility (AAM)
3 .Urban Air Mobility (UAM)
4 .Rural Air Mobility

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

ردیف	مفهوم / عبارت	تعریف
		هواگرد و سامانه‌های هوایی
۴	هواگرد[1]	هر نوع وسیله حمل‌ونقل هوایی (اعم از پهپاد، بالن هوایی، بالگرد، هواپیما و ...) که بر اثر عمل دینامیکی هوا بر سطح آن یا به‌کمک نیروی پیشران خود حرکت کند.
۵	نشست و برخاست باند کوتاه[2]	هواگردی است که قابلیت نشست و برخاست در باند کوتاه دارد.
۶	هواگرد کوچک بدون سرنشین	هواگردی که وزن آن در هنگام برخاست کمتر از ۵۵ پوند باشد (اعم از هر تجهیزاتی که در هواگرد وجود داشته یا به آن متصل است).
۷	سامانه هواگردهای کوچک بدون سرنشین[3]	هواگردهای کوچک بدون سرنشین و مؤلفه‌های مرتبط با آن (شامل لینک‌های ارتباطی و اجزای کنترل‌کننده هواگردی کوچک بدون سرنشین) که برای عملیات ایمن و کارآمد هواگردهای بدون سرنشین کوچک در یک حریم هوایی[4] سرزمینی مورد نیاز است.
۸	پرنده هدایت‌پذیر از راه دور – پهپاد[5]	هواگردهای چندمنظوره بدون خلبان انسانی هستند که معمولاً به آن پرنده هدایت‌پذیر با قابلیت کنترل از راه دور «پهپاد» نیز گفته می‌شود. پهپادها می‌توانند از راه دور هدایت شوند یا کاملاً خودکار باشند. دستگاه‌هایی که برای تحویل محموله استفاده می‌شوند معمولاً دارای چهار تا هشت پروانه، باتری‌های قابل شارژ و بسته‌های متصل در زیر بدنه پهپاد هستند. از پهپادهای بزرگ‌تر می‌توان برای جابه‌جایی مسافران استفاده کرد. پهپادهای بدون خلبان می‌توانند مسافرانی را حمل کنند که توانایی مداخله در عملیات هواگرد را ندارد. اصطلاح سیستم هواگرد بدون سرنشین[6] ممکن است برای توصیف سیستم‌هایی استفاده شود که عملکرد پهپادها را امکان‌پذیر می‌کند، مانند کنترل زمینی، ارتباطات و سایر تجهیزات پشتیبانی و ... .
۹	هواگرد بدون سرنشین[7]	یک هواگرد بدون امکان دخالت مستقیم انسان از داخل یا روی هواگرد (یعنی بدون خلبان حاضر در وسیله پرنده) عمل می‌کند. هواگردهای بدون سرنشین بدون خلبان می‌توانند مسافرانی را حمل کنند که توانایی مداخله در عملیات هواگرد را نداشته باشند.
۱۰	هواگرد عمودبرخاست / پرواز[8]	هواگردی که می‌تواند به‌صورت عمودی از باند بلند شود، در هوا بماند و فرود آید. این هواگرد اگر از انرژی الکتریکی استفاده کند هواگرد عمودبرخاست / پرواز الکتریکی نامیده می‌شود.
		زیرساخت (فرودگاه‌ها / پایانه‌های هوایی)
۱۱	سکوی [پرواز] عمودبرخاست[9]	یک سکوی فرود و جایگاه پارکینگ که برای یک هواگرد پارک شده در نظر گرفته شده باشد.
۱۲	فرودگاه / پایگاه عمودبرخاست[10]	یک سکوی فرود و جایگاه پارکینگ که برای قرار دادن دو یا سه هواگرد پارک شده در نظر گرفته شده باشد.
۱۳	قطب [هاب فرودگاهی] عمودبرخاست[11]	دو یا چند سکوی فرود با پارکینگ برای چندین هواگرد در نظر گرفته شده باشد.
		مدیریت ترافیک و حریم هوایی
۱۴	سیستم‌های ناوبری هواگردهای بدون سرنشین و مدیریت ترافیک هوایی[12]	یک سیستم مدیریت ترافیک که الزامات یکپارچه‌سازی حریم هوایی سرزمینی را فراهم می‌کند. مدیریت ترافیک هواگردهای بدون سرنشین خدماتی مانند: طراحی پهنه هوایی مجاز، کریدورها، حصار جغرافیایی پویا[13] (خدمات مکان‌یاب است که به‌محض ورود هر شیء به یک مکان معین، عملیات خاصی انجام می‌دهد. این عملیات یا عکس‌العمل می‌تواند از قبل تعریف شده باشد)، اجتناب از شرایط جوی بحرانی و برنامه‌ریزی مسیر را ارائه می‌دهد. ناسا پیشنهاد می‌کند که سیستم‌های UTM به اپراتورهای انسانی برای نظارت مداوم بر هر هواگرد نیازی ندارند؛ بلکه سیستم داده‌هایی را برای تصمیم‌گیری‌های استراتژیک در اختیار مدیران انسانی قرار می‌دهد. UTM این ظرفیت را دارد که وضعیت دید در مسیر بصری امن و فراتر از آن را فعال کند.

1 .Aircraft
2 .Short Take-off and Land (STOL)
3 .Small Unmanned Aircraft System (sUAS)
4 .Airspace
5 .Unmanned Aerial Vehicles (UAV)
6 .Unmanned Aircraft Systems (UAS)
7 .Unmanned Aircraft (UA)
8 .Vertical Take-off and Land (VTOL)
9 .Vertipad
10 .Vertiport/Vertibase
11 .Vertihub
12 .Unmanned Aircraft Systems (UAS) Traffic Management (UTM)
13 .Dynamic Geofencing

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

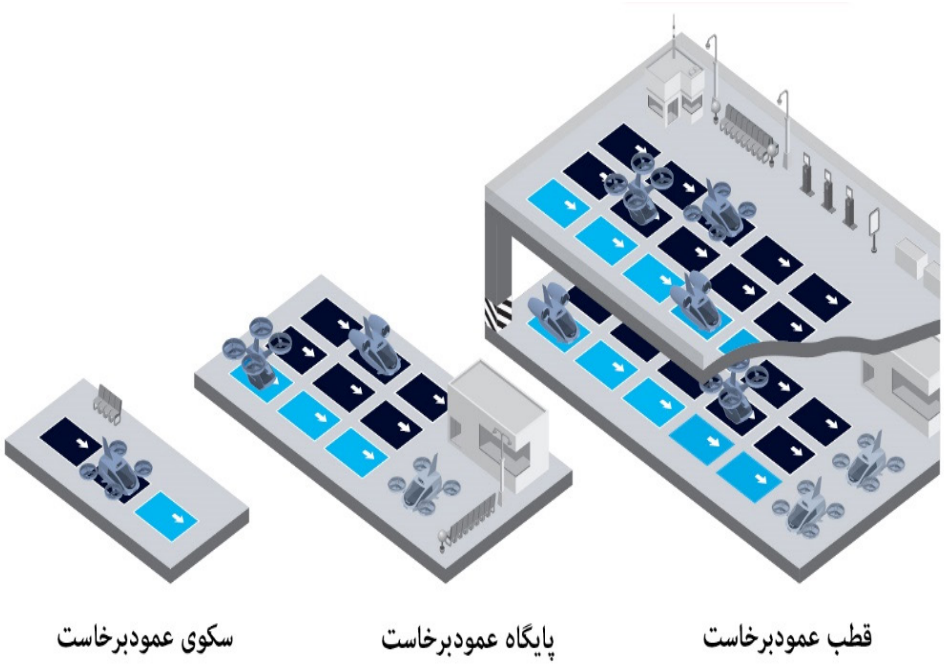
ردیف	مفهوم / عبارت	تعریف
	سایر تعاریف	
۱۵	شاتل هوایی[1]	خدمت شاتل هوایی عبارت از یک خدمت هواپیمایی برنامه‌ریزی شده است که توسط هواپیما انجام می‌شود و معمولاً مسیرهای کوتاه با پروازهای مکرر را پوشش می‌دهد. در این مدل معمولاً زمان سفر کمتر از یک ساعت است.
۱۶	مترو هوایی[2]	مترو هوایی نوعی سرویس از پیش برنامه‌ریزی شده در حمل‌ونقل هوایی شهری است که مسافران را برای سفرهای درون‌شهری یا بین‌شهری در خود جای می‌دهد.

مأخذ: [۲, ۵].

وسایل نقلیه پرنده برای ارائه خدمات پایدار به مکان‌هایی برای نشست و برخاست، دریافت تعمیرات، شارژ باتری‌ها و / یا سوخت‌گیری و پارک نیاز دارند. این زیرساخت می‌تواند با توجه به ظرفیت مکانی در قالب یک سکو، پایگاه یا قطب پرواز ایجاد شود که در شکل ۲ نشان داده شده است [۶].

زیرساخت فرودگاهی ابعاد و مؤلفه‌های مختلفی دارد که در جدول ۲ آمده است. برآوردها نشان می‌دهد به‌طور کلی هزینه عملیاتی احداث یک قطب عمودبرخاست (با تجهیزات تولید شده در آمریکا) حدود ۱۵ تا ۱۷ میلیون دلار است. پیش‌بینی می‌شود در فضای رقابتی و همکاری بین کشورها و حضور چین در بازار این حوزه، هزینه تمام شده احداث فرودگاهی سامانه‌های جابه‌جایی هوایی پیشرفته در سال‌های آتی کاهش چشمگیری یابد.

شکل ۲. الگوهای بالقوه برای زیرساخت‌های حرکت شهری - هوایی



مأخذ: [۶].

1. Air Shuttle
2. Air Metro

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

مؤلفه	قطب عمودبرخاست	پایگاه عمودبرخاست	سکوی عمودبرخاست
ابعاد (متر)	۱۲۲×۵۳[1] (دو طبقه)	۷۰×۳۰[2]	۳۰×۱۸[3]
سکوهای نشست و برخاست	۱۰	۳	۱
مکان‌های پارکینگ / شارژ	۲۰	۶	۲
هزینه‌های سرمایه‌ای (میلیون دلار)	۶–۷	۰,۵–۰,۸	۰,۲–۰,۴
هزینه‌های عملیاتی (میلیون دلار)	۱۵–۱۷	۳–۵	۰,۶–۰,۹

مأخذ: [۶].

دسته‌بندی‌های متفاوتی از سامانه‌ای هوایی پیشرفته برحسب مدل‌های عملیاتی ارائه خدمات گوناگون به مسافر، ارائه شده که در جدول ذیل قابل مشاهده است. براساس طبقه‌بندی اداره هوانوردی فدرال ایالات متحده،[4] هر یک از این سامانه‌ها برحسب تعداد کاربران و سطوح مختلف خدمات، دارای مقررات عملیاتی مشخصی است.

جدول ۳. طبقه بندی براساس ویژگی های عملیاتی

ردیف	مدل و توصیف عملیاتی	نفرات کاربران	مقررات عملیاتی FAA
۱	مدل سرویس خصوصی[5] مدلی است که در آن یک هواگرد فقط به فرد یا افرادی خاص برای مدت زمانی بیشتر از مدت زمان یک چرخه پرواز خدمات ارائه می‌دهد.	۱–۶	بخش ۹۱
۲	تاکسی هوایی[6] یک خدمت (سرویس) درخواستی است که در آن یک کاربر یا گروهی از کاربران یک هواگرد را به‌صورت یک جا برای یک چرخه پرواز رزرو کرده و مبدأ، مقصد و زمان پرواز را تعیین می‌کنند.	۱–۴	بخش ۱۳۵
۳	اشتراک هوایی[7] یک خدمت عمدتاً درخواستی است که در آن چندین کاربر منفرد در یک هواگرد برای پرواز جمعی تجمیع می‌شوند. زمان‌های حرکت پرواز و / یا هر دو مبدأ – مقصد ممکن است توسط یک کاربر با سایر کاربران متناسب با آن زمان‌بندی تنظیم شود یا اپراتور ممکن است برنامه‌های مورد نظر همه کاربران را برای فعال کردن تجمع مسافران تنظیم کند.	۳–۶	بخش ۱۳۵
۴	رفت‌وآمد نیمه برنامه‌ریزی شده[8] مدلی است که در آن زمان‌ها و / یا مکان‌های حرکت هواگرد براساس اولویت‌های مصرف‌کنندگان، از یک برنامه زمان‌بندی پایه تنظیم می‌شود. برای مثال، ممکن است یک هواگرد بین ساعت ۸ صبح تا ۱۰ صبح هر روز در یک مسیر خاص حرکت کند اما زمان واقعی پرواز روزانه برحسب تجمیع ترجیحات / در دسترس بودن مشتریان تغییر می‌کند.	۶–۱۹	بخش ۱۳۵
۵	رفت‌وآمد برنامه‌ریزی شده[9] با ارائه پروازهای مکرر در امتداد مسیر(های) یکسان در یک سرویس برنامه‌ریزی شده، خدمات مورد تقاضا را ارائه می‌دهد.	۶–۱۹	بخش ۱۳۵ یا ۱۲۱

مأخذ: [۷].

1. 400×175 (Foot)
2. 100 ×230 (Foot)
3. 60×100 (Foot)
4. Federal Aviation Administration (FAA)
5. Private Service
6. Air Taxi
7. Air Pooling
8. Semi-Scheduled Commuter
9. Scheduled Commuter

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

به‌عنوان مثـــال در آمریکا، منظـــور از مقـــررات عملیاتی این ســـامانه‌ها، مقررات اداره هوانوردی فدرال ایالات متحده است که بر کلیه فعالیت‌های هوانوردی در ایالات متحده حاکم است. بخش ۹۱ قوانین کلی عملیـــات و پرواز را بـــرای هواپیماهای کوچک غیرتجاری در داخل ایالات متحده ارائه می‌دهد. بخش ۱۲۱ شرکت‌های هواپیمایی برنامه‌ریزی شده (به‌عنوان مثال، خطوط هوایی) را تنظیم می‌کند. بخش ۱۳۵ عمدتاً بر عملیات رفت‌وآمد و برحسب تقاضا نظارت می‌کند. به‌طورکلی، هر یک از این بخش‌ها دارای الزاماتـــی برای مجوز خلبانـــی، تعمیر و نگهداری هواپیما، وظایف خدمه، بیمه و ســـایر الزاماتی هستند که به‌منظور فعالیـــت قانونی در آمریکا باید رعایت شـــوند. این طبقه‌بنـــدی می‌تواند برای حـــوزه خدمات براســـاس مقررات عملیاتی موجود، بار مسافر و فرکانس و انعطاف‌پذیری پروازها به کار برده شود [۲].

۳. زیست‌بوم سامانه‌های جابه‌جایی هوایی پیشرفته و دورنمای آن

زیست‌بوم سامانه‌های جابه‌جایی هوایی پیشرفته به زیرساخت‌ها، فناوری‌ها و خدماتی اشـــاره دارد که از عملیـــات ایمن و کارآمد حمل‌ونقـــل هوایی پشـــتیبانی می‌کند. زیســـت‌بوم چالش‌ها و فرصت‌های زیادی را برای ذی‌نفعان از جمله سازمان‌های دولتی، بازیگران صنعت و مصرف‌کنندگان ارائه می‌کند. امروزه نمونه‌های آن را می‌توان در فناوری و نوآوری‌های نوظهور نظیر وسایل نقلیه الکتریکی و خودران مشـــاهده کرد که توانسته است فرصت‌های نوینی برای حمل‌ونقل هوایی ایمن، پایـــدار، مقرون‌به‌صرفه و در دسترس برای جابه‌جایی مسافران، تحویل کالا و خدمات اضطراری در داخل و یا در حال عبور از کلان‌شهرها ایجاد کند [۲]. پیشنهاد زیست‌بوم ســـامانه‌های جابه‌جایی هوایی درون‌شهری که یکی از مهمترین جنبه‌های سامانه‌های جابه‌جایی هوایی پیشرفته است، از ســـال ۲۰۱۸ به‌عنوان یک راه‌حل نوآورانـــه و کارآمد برای رفع چالش‌های شهرنشینی مطرح شد و به سرعت در حال گسترش در سراسر جهان است. با توجه به موارد مطرح شده می‌توان گفت زیست‌بوم سامانه هوایی درون‌شهری، زیست‌بومی گسترده و پویا با هدف حمل‌ونقل هوایی ایمن افراد یا کالاها، توسط وسایل نقلیه پرنده، بر فراز ارتفاعات پایین در مناطق شهری و حومه شهر است که با هدف ارتقای کیفیت خدمت‌رســـانی در محیط‌های شهری معرفی شـــده و قابلیت رشد در تمام ابعاد زیرســـاختی، فناوری، اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی را داراست. این زیست‌بوم نه تنها از نقطه‌نظر شهری به جابه‌جایی سریع‌تر افراد و کالاها کمک می‌کند، بلکه این پتانسیل را دارد که با ارائه خدماتی از جمله امداد و نجات هوایی، آمبولانس‌های هوایی، آتش‌نشانی هوایی و مواردی از این دست به منفعت عمومی بیفزاید [۱۵].

پیشـــران‌هایی که تقاضا بـــرای جابه‌جایی هوایی در زیســـت‌بوم سامانه‌های جابه‌جایی هوایی پیشرفته را تشدید می‌کند، عبارتند از:

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

آنچه در تعریف ســـامانه‌های جابه‌جایی هوایی پیشرفته به‌عنوان یک زیســـت‌بوم از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است، گستردگی این زیست‌بوم است؛ به‌طوری که در آن، ذی‌نفعان متعددی در سطوح مختلف از طراحی و توســـعه تا پیاده‌سازی و اجرای سرویس‌های حمل‌ونقل، دخیل خواهند بود. به‌عبارت دیگر، حمل‌ونقل هوایی درون‌شـــهری به‌عنوان یک زیست‌بوم، یک سیســـتم یکپارچه از فعالیت‌های مرتبط با توســـعه، بهره‌برداری و خدمت‌رسانی است که اجزای آن به شکل ایمن، پایدار و بهینه با هم همکاری می‌کنند [۸]. با توجه به این مطالب، زیست‌بوم هوانوردی پیشرفته (شامل سامانه هوایی پیشرفته و شهری) را می‌توان با توجه به ویژگی‌های زیر طبقه‌بندی کرد:

- مشخصات طراحی، ظرفیت مسافر، نیروی محرکه، بدنه هواپیما یا انواع هواگرد (به‌عنوان مثال، طرح‌های بـــدون بال، روتورکرافت الکتریکی، هواپیماهایی که از هر یک از رانشـــگرهای خود برای بالا رفتن عمودی و کروز استفاده می‌کنند در مقابل هواپیماهایی که از رانشگرهای مستقل برای بالا رفتن عمودی و کروز استفاده می‌کنند)؛
- ویژگی‌های عملیاتی هواگردها، ماننـــد هواگردهای عمودپرواز و همچنین هواگردهای تبدیل‌شونده به خودرو (خودرو پرنده)؛
- آموزش و الزامات مورد نیاز برای خلبان‌ها و اپراتورها؛
- رویکردهای صدور گواهینامه صلاحیت پرواز (که به‌طور جزئی یا کامل براســـاس مقررات اداره هوانوردی فدرال ایالات متحده و فرایندهای بین‌المللی تعیین می‌شود)؛

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

- ویژگی‌های ارائه خدمات یا موارد استفاده (مانند خدمات هوایی برنامه‌ریزی شده، نیمه‌برنامه‌ریزی شده، بدون برنامه، جابه‌جایی مسافر، تحویل کالا و ...)؛
- ویژگی‌های هدایت و خلبانی، اعم از خلبانی مستقیم، هدایت از راه دور و سطوح اتوماسیون هدایت خودکار هواپیما (با توجه به سیستم‌های هواپیمای خاص و مراحل پرواز) [۲].

۱-۳. تاریخچه توسعه فناوری سامانه‌های جابه جایی هوایی پیشرفته و چشم انداز تکامل آن

تاریخچه توسعه فناوری سامانه هوایی پیشرفته و آینده آن را می‌توان در ۶ مرحله (فاز) دسته‌بندی کرد:

۱. مفهوم ماشین پرنده (از اوایل دهه ۱۹۱۰ تا ۱۹۵۰)؛
۲. عملیات اولیه سامانه هوایی پیشرفته با استفاده از خدمات برنامه‌ریزی شده بالگردی (از دهه ۱۹۵۰ تا ۱۹۸۰)؛
۳. نوآوری در ارائه خدمات (شروع از سال ۲۰۱۰)؛
۴. کریدور خدمات با استفاده از هواگردهای عمودبرخاست (به کمک هواگردهای عمودپرواز) (شروع از دهه ۲۰۲۰)؛
۵. خدمات قطب و اقمار (آینده میان‌مدت - بلندمدت)؛
۶. خدمات نقطه‌به‌نقطه (آینده بلندمدت) [۲].

فاز اول: طراحی و ساخت مدل مفهومی خودرو پرنده

مفهوم هوانوردی شهری مفهوم جدیدی نیست. نخستین فاز شکل‌گیری آن به اوایل دهه ۱۹۱۰ مربوط است که طراحی مفهومی خودرو (یا ماشین) پرنده شکل گرفت و در اواسط قرن بیستم، پروازهای برنامه‌ریزی شده با استفاده از بالگرد به کار گرفته شد. طراحی و ساخت اولین مدل مفهومی ماشین پرنده توسط گلن کرتیس در حدود سال ۱۹۱۷ انجام شد و پس از آن در دهه ۱۹۲۰، هنری فورد مفهومی را برای «خودروهای پرنده» ایجاد و شروع به توسعه نمونه‌های اولیه هواگردهای تک‌سرنشین کرد. دهه ۱۹۴۰ با چندین تلاش از جمله اولین خودرو پرنده با کسب مجوز از اداره هوانوردی غیر نظامی،[1] پیش از اداره هوانوردی فدرال آمریکا، برجسته شد که به‌رغم دستاوردهای فنی هواگرد، هرگز سرمایه‌گذاری ثابت دریافت نکرد. در سال ۱۹۵۸، ارتش و نیروی هوایی ایالات متحده به این حوزه ورود کرد. بااین‌حال، این هواگرد که به شکل بشقاب‌پرنده بود، مشکلات رانش و پایداری داشت و در نهایت در سال ۱۹۶۱ لغو شد. اولین نمونه هواگرد عمودبرخاست نیز در سال ۱۹۵۰ برای استفاده نظامی توسط دولت کانادا تأمین مالی شد که به دلایل مالی روند تولید آن متوقف شد. می‌توان گفت در فاز اول طرح‌های متعددی پیشنهاد شدند اما هیچ‌یک از این مفاهیم اولیه به قابلیت تجاری دست نیافتند؛ چالش‌های اجرایی و فنی عدیده باعث شد که صنعت نتواند ایمنی و افزایش کارایی اقتصادی و عملیاتی پرواز عمودی را توجیه کند [۲].

فاز دوم: عملیات اولیه سامانه هوایی شهری با خدمات برنامه ریزی شده

بین دهه ۱۹۵۰ و ۱۹۸۰، چندین اپراتور به ارائه خدمات اولیه سامانه هوایی شهری با استفاده از بالگردها در لس‌آنجلس، نیویورک، سانفرانسیسکو و سایر شهرها شروع کردند. هواگردهای عمودبرخاست در دهه ۱۹۶۰ و ۱۹۷۰ وارد فاز جدیدی از طراحی شدند و توانستند چند فوت نزدیک به زمین پرواز کنند. پس از آن پیشرفت‌ها ادامه یافت و شرکت هواپیماسازی بوئینگ حدود ۶ میلیارد دلار برای برنامه‌ای با همین مأموریت سرمایه‌گذاری کرد و سه نمونه اولیه هواگردهای عمودبرخاست را ساخت. این هواگردها به شکل بشقاب‌پرنده به ارتفاع ۴۰ فوتی به پرواز درمی‌آمد و به مدت سه دقیقه در هوا باقی می‌ماند؛ این پروژه تا سال ۲۰۰۳ در دست ساخت بود [۲].

فاز سوم: نوآوری در ارائه خدمات

رویکردهای نوآورانه برای تحویل کالا و جابه‌جایی مسافر باعث توسعه فاز سوم سامانه‌های جابه‌جایی هوایی پیشرفته از سال ۲۰۱۰ تا به امروز شده است.:

- سامانه های جابه جایی هوایی پیشرفته برای تحویل کالا: مفهوم سیستم هواگردهای کوچک بدون سرنشین برای تحویل کالا برای اولین بار در دهه ۲۰۱۰ مطرح شد و تعداد خدمات فعال به‌شدت رشد کرد. کاربردهای کنونی آن در سراسر جهان طیف وسیعی از صنایع از جمله تحویل کالاهای مصرفی، جابه‌جایی سریع نمونه‌های پزشکی، اقلام اضطراری دارو و واکسن، نقشه‌برداری، نظارت و سایر موارد مشابه را دربرمی‌گیرد. در سال‌های اخیر چند حوزه مورد توجه صنعت بر تحویل تجهیزات اضطراری و کالاهای مصرفی با استفاده از پهپادهای کوچک تأکید کرده‌اند. به‌عنوان مثال، مراکز پزشکی از این روش برای انتقال تجهیزات پزشکی اورژانسی، دارو، نمونه‌های آزمایشگاهی و واکسن استفاده می‌کنند. سرویس‌های عملیاتی مختلفی در سطح بین‌المللی وجود دارد که چند نمونه از آن در جدول ۴ ارائه شده است.

1 .CAA

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

شرکت‌های فعال در این حوزه همواره در حال ارزیابی مجموعه‌ای از مفاهیم عملیاتی هستند از جمله:

- تحویل بسته (هم برای کالاهای مصرفی و هم برای لوازم پزشکی)،
- پرواز بر فراز شهر و فراتر از خط دید خلبان، عملیات شبانه،
- فناوری‌های تشخیص و اجتناب،
- قابلیت اطمینان و امنیت پیوندهای داده بین خلبان و هواگرد.

جدول ۴. برخی از شرکت‌های تحویل تجهیزات اضطراری و کالاهای مصرفی با استفاده از پهپادهای کوچک

ردیف	شرکت	عملیات
۱	زیپ‌لاین اینترنشنال[1]	تحویل خون، واکسیناسیون و دارو در رواندا و غنا از طریق پهپاد
۲	پست ماترنت – سوئیس[2]	یک سرویس تحویل از نوع هواگرد بدون سرنشین برای نمونه‌های آزمایشگاهی
۳	مدرونا[3]	تحویل اضطراری نمونه‌های اورژانسی و آزمایشی پزشکی
۴	سوئوپ آئرو[4]	تحویل اضطراری نمونه‌های اورژانسی و آزمایشی پزشکی

مأخذ: [۲].

■ سامانه های جابه جایی هوایی پیشرفته برای جابه جایی مسافران: در اوایل دهه ۲۰۱۰، خدمات هوانوردی مبتنی‌بر این تقاضا به بازار وارد شدند. در ابتدا عملیات برای پروازهایی با ظرفیت کم بین‌شهری و توسط بالگردهای کوچک طراحی شد و در حال حاضر متمرکز بر ارتقای این خدمت در قالب سامانه‌ای است که در جابه‌جایی درون‌شهری مسافران به کار برده می‌شود. چند نمونه از شرکت‌های معتبر جهانی و خدماتی که از طریق سامانه‌های جابه‌جایی هوایی پیشرفته ارائه می‌کنند در جدول ۵ ارائه شده است.

جدول ۵. برخی از شرکت‌های جابه جایی مسافر با استفاده از بالگردهای کوچک

ردیف	شرکت	عملیات
۱	بلید[5]	ارائه خدمات بالگرد از طریق یک برنامه تلفن هوشمند، شروع از سال ۲۰۱۴
۲	اسکای رایدِ[6]	پل ارتباطی مسافران با خلبانان بالگردهای خصوصی
۳	اسکای رایس[7]	ارائه خدمات توسط هواگردهای نیمه‌خودران، شروع از سال ۲۰۱۹
۴	اوبر کوپتر[8]	ارائه خدمات بالگرد برحسب تقاضا ذیل شرکت اوبر؛ شروع از سال ۶۲۰۱
۵	اورگان هلیکوپترز[9]	یک سرویس برحسب تقاضا برای جابه‌جایی مسافران از مکان‌های شخصی به مرکز شهر؛ شروع از ۲۰۲۰
۶	ووم[10]	(شرکت ذیل ایرباس) ارائه خدمات بالگرد جابه‌جایی مسافر؛ ۲۰۱۶–۲۰۲۰

مأخذ: [۲].

1. Zipline International
2. Matternet – Swiss Post
3. Medrona
4. Swoop Aero
5 .Blade
6 .Sky Ryde
7 .Sky Ryse
8 .Uber Copter
9 .Oregon Helicopters
10 .Voom

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

در این فاز علاوه‌بر جابه‌جایی کالا و مسافر در این دوره با ظهور پهپادها خدمات متنوعی در حوزه‌های مختلفی اعم از کشاورزی، مدیریت شهری، نقشه‌برداری، پایش زمین و ... شکل گرفته است. به‌عنوان مثال در بخش کشاورزی، در مطالعه کاربرد سامانه‌های جابه‌جایی هوایی پیشرفته در چرخه تولید محصولات کشاورزی (اعم از مراحل تحلیل خاک و مزرعه، کاشت، اسپری زراعی، پایش محصولات، آبیاری و ارزیابی سلامت محصولات) می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱. تحلیل خاک و مزرعه: با هدف برنامه‌ریزی الگوهای بذرافشانی، پهپادها نقشه‌های سه‌بُعدی دقیقی برای تحلیل‌های اولیه خاک تولید می‌کنند. بعد از فرایند کشت نیز براساس داده‌های پردازش شده از خاک، اطلاعات لازم را برای آبیاری و مدیریت سطح نیتروژن ارائه می‌دهند [۹].

۲. کاشت: با هدف کاهش هزینه‌های کشت، امروزه برخی از شرکت‌های نوپا خدمات کاشت پهپادی را ارائه داده‌اند که هزینه‌ها را تا ۸۵ درصد کاهش داده است. در این خدمت هواگردهای ویژه بذر و مواد مغذی را به خاک می‌رسانند و تمام نیازهایی که یک گیاه در چرخه خود احتیاج دارد را برطرف می‌کنند [۱۰].

۳. اسپری زراعی: به‌منظور افزایش کارایی همراه با کاهش جذب مواد شیمیایی در آب‌های زیرزمینی در پاشش آفت‌کش‌های زراعی، تجهیزات اندازه‌گیری از راه دور، نصب در پهپادها این امکان را می‌دهد تا با توجه به تغییرات در توپوگرافی و شرایط جغرافیای متفاوت زمین را اسکن کرده و مقدار صحیحی از سموم آفت‌کش‌ها را اسپری کنند. اسپری کردن هوایی با استفاده از پهپادها حدوداً تا پنج مرتبه سریع‌تر از روش‌های ماشینی سنتی است [۱۱].

۴. پایش محصولات: پهپادها به‌واسطه ارائه تصاویر در سری‌های زمانی مختلف می‌توانند رشد یک محصول را به‌صورت دقیق نشان دهند و ناکارآمدی تولید را آشکار کنند و در نتیجه امکان مدیریت بهتر محصولات را فراهم آورند [۱۲]. پهپادها همچنین می‌توانند از طریق مشخص کردن نوع بهره‌برداری‌ها به دقیق کردن آمارهای بخش کشاورزی کمک کرده و در این مسیر به نهادهای دولتی در ارائه خدمات حمایتی و یارانه‌ای (متناسب با نوع و سطح زیر کشت) یاری‌رسان باشند.

۵. آبیاری: با هدف مطالعه شاخص پوشش گیاهی که نشان‌دهنده چگالی نسبی و سلامت محصول و همچنین مقدار انرژی یا حرارتی متصاعد از گیاه است، پهپادهای حامل سنسورهای فراطیفی، چندطیفی و حرارتی می‌توانند این مأموریت را انجام دهند [۱۳].

۶. ارزیابی سلامت محصولات: با هدف ارزیابی سلامتی گیاهان و لکه‌های عفونت‌های باکتریایی یا قارچی روی درختان، با اسکن محصول با استفاده از دو نور مرئی و مادون‌قرمز، توسط پهپادها می‌توان به شناسایی این موارد پرداخت [۱۴].

[illegible] میان مدت): خدمات کریدور با [illegible]

تخمین زده می‌شود با تقویت فاز سه توسعه سامانه‌های جابه‌جایی هوایی پیشرفته، عملیات مسافربری با استفاده از هواگردهای عمودبرخاست به شکل «خدمات شاتل هوایی» برنامه‌ریزی شده و منظم در مسیرهای هوایی خاص (به‌عنوان مثال، بین فرودگاه و مرکز شهر) آغاز شود (جدول ۶). خدمت شاتل هوایی عبارت از یک خدمت هواپیمایی برنامه‌ریزی شده است که توسط برخی هواگردها انجام می‌شود و معمولاً مسیرهای کوتاه با پروازهای مکرر را پوشش می‌دهد. در این مدل معمولاً زمان سفر کمتر از یک ساعت است [۲].

جدول ۶. برخی از شرکت‌های جابه جایی مسافر با استفاده از هواگردهای عمودبرخاست

ردیف	شرکت	محل فعالیت	زمان‌بندی تقریبی شروع فعالیت تا تکمیل کار
۱	VoloCopter	سنگاپور	۲۰۲۱-۲۰۲۶
۲	EHang	لینز، اتریش	۲۰۲۱-۲۰۲۳
۳	Vertical Aerospace in London	لندن	۲۰۲۲-۲۰۲۴
۴	Lilium	مونیخ، اورلاندو و سایر شهرها	۲۰۲۴-۲۰۲۵

مأخذ: [۲].

Archive of SID.ir

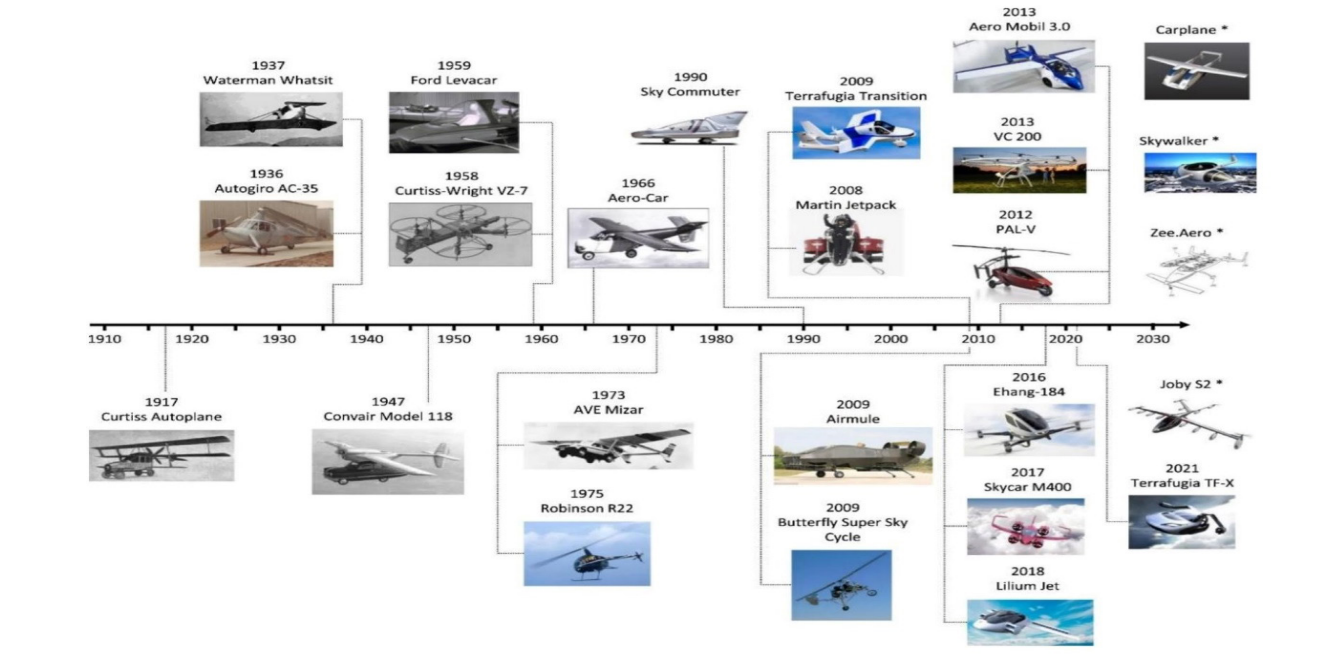
Archive of SID.ir

همچنین برخی دیگر از شرکت‌ها با سرمایه‌گذاری کلان و جدول زمانی نامعلوم[1] نیز احصا شده که در جدول اشاره نشده است.

فاز پنجم (میان مدت - بلند مدت): خدمات قطب و اقماری[2] تکامل این سامانه در فاز پنج ممکن است افزایش سرمایه‌گذاری‌های زیرساختی برای حمایت از «خدمات متروی هوایی» را تجربه کند؛ زیرا در این مدل هزینه پروازها کاهش می‌یابد و پذیرش جامعه ممکن است به عامل جریان‌ساز تبدیل شود. این خدمات می‌تواند شامل پروازهای متعدد روزانه بین یک قطب عمودبرخاست و چند پایگاه عمودبرخاست عملیات قطب و اقماری در یک شبکه شهری باشد. همان‌طور که قبلاً بیان شد، مترو هوایی نوعی سرویس از پیش برنامه‌ریزی شده در حمل‌ونقل هوایی شهری است که مسافران را برای سفرهای درون‌شهری یا بین‌شهری در خود جای می‌دهد. برای مثال، پایگاه عمودبرخاست ممکن است در مراکز تجاری متراکم و فرودگاه عمودی واقع در سراسر مناطق مسکونی با تراکم پایین‌تر مورد استفاده قرار گیرد. پروازها ممکن است در فواصل منظم در طول روز برنامه‌ریزی شوند. بااین‌حال، الگوهای کاربری زمین، تقاضا و سفر نیز می‌توانند به الگوهای چنین سفرهای هوایی کمک کنند. این پیشرفت‌های بالقوه در بازار احتمالاً باید توسط پیشرفت‌های تکنولوژیکی مانند قیمت‌گذاری پویا و الگوریتم‌های پیشرفته برای کاهش بدون سرنشین بودن، ظرفیت بهبودیافته باتری، کاهش زمان شارژ و بهبود UTM پشتیبانی شود.

فاز ششم (بلند مدت): خدمات تاکسی هوایی نقطه‌به‌نقطه[3] توسعه زیست‌بوم سامانه هوایی پیشرفته و شهری با ورود خدمات تاکسی هوایی به اوج خود می‌رسد که با استفاده از اندازه و کیفیت زیرساختی مختلف، بسته به تراکم شهری و تقاضای پرواز، خدمات تقریباً نقطه‌به‌نقطه و برحسب تقاضا ارائه خواهد شد. بااین‌حال، خدمات نقطه‌به‌نقطه واقعی با استفاده از هواگرد در مناطق شهری ممکن است به‌دلیل زیرساخت‌ها و محدودیت‌های ظرفیت، قابلیت اطمینان ناشی از آب‌وهوا و نگرانی در مورد آلودگی صوتی، ایمنی، ترافیک هوایی و سایر آثار مرتبط با عملیات پراکنده و مقیاس‌پذیر، در بازه زمانی کوتاه‌مدت از نظر فنی امکان‌پذیر نباشد. ازاین‌رو اجرای آن نیازمند برنامه‌ریزی بلندمدت است.

در شکل ۳ فرایند تکامل سامانه‌های جابه‌جایی هوایی پیشرفته و پیش‌بینی آینده آن نمایش داده شده است.



مأخذ: [۱۵]

1 .Archer, Wisk (Kitty Hawk), Skyryse, Stellantis, Joby Aviation (Uber Elevate)
2 .Hub and Spoke Services
3 .Point to Point Services

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

توسعه سریع انواع جدید هواگردها این ظرفیت را دارد که تا حد زیادی به گزینه‌های حمل‌ونقل مسافر و بار در مناطق بزرگ شهری و بین‌شهری و منطقه‌ای اضافه کند. بااین‌حال، در کوتاه‌مدت، ایجاد زیرساخت‌ها و ناوگان، پیشبرد مقررات و صدور مجوز به کسب‌وکارها برای توسعه مدل‌های تجاری جدید مستلزم زمان، سرمایه و سیاستگذاری‌های مبتکرانه است.

در حال حاضر فرایند گذار در استفاده از انرژی در سطح جهانی به پیش می‌رود که از سوخت‌های فسیلی دور و به سمت منابع تجدیدپذیر الکتریکی پایدار با استفاده از فناوری‌های جدید ذخیره‌سازی انرژی نزدیک شده است. بسیاری از سیستم‌های حمل‌ونقل 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 هواپیماهای عمودبرخاست در شهرها و مناطق در بردهای کوتاه، متوسط و بلند را بهبود می‌بخشد.

در حال حاضر در دنیا استفاده فعلی از هواپیماهای بدون سرنشین برای استفاده‌های تفریحی و تجاری است، اما تا سال ۲۰۴۰ ارزش خدمات ارائه شده در حوزه هواپیماهای عمود برخاست الکتریکی و بازار جهانی این هواپیماها نزدیک به ۱.۵ تریلیون دلار تخمین زده می‌شود [۱۶]. با بلوغ فناوری‌های پرنده‌های عمود برخاست الکتریکی، انتظار می‌رود بازار خدمات جابه‌جایی هوایی پیشرفته به‌طور قابل توجهی رشد کند.

بااین‌حال، این تخمین تا چه حد برآورده خواهد شد، نامشخص است به این دلیل که وابستگی زیادی به چگونگی بلوغ فناوری ترابری هوایی پیشرفته در هر کشور دارد. هرچند در دید کلان باید گفت، برای سازندگان و اپراتورهای هواپیمای عمودبرخاست الکتریکی که می‌توانند برای اولین بار در دنیا خطوط هوایی تجاری و خدمات عمومی ترابری هوایی پیشرفته معتبر و قابل دوام ایجاد کنند، چشم‌انداز قوی برای دستیابی به یک بازار پایدار و پرتقاضای جهانی برای این نوع از محصولات هوانوردی مرتبط با ترابری هوایی پیشرفته وجود دارد.

با توجه به اهمیت موضوع تجاری‌سازی زیست‌بوم سامانه هوایی پیشرفته به‌منظور تضمین بازار آینده، این نکته قابل ملاحظه است که با بررسی چشم‌انداز جهانی، رشد بازار حمل‌ونقل هوایی پیشرفته به‌طور متوسط بین ۱۰۰ میلیارد دلار تا ۱,۵ تریلیون دلار تا سال ۲۰۴۰ تخمین زده شده است و پیش‌بینی صعودی‌تر، حجم بازار را به میزان ۲,۹ تریلیون دلار تخمین می‌زند. همچنین در مطالعه دیگر پیش‌بینی شده است که ارزش پایگاه‌های عمودبرخاست مربوط به ترابری هوایی پیشرفته طی بیست سال آینده به حدود ۷ تریلیون دلار خواهد رسید که در حال خدمت‌رسانی با بیش از ۳۵۰۰۰ پرنده عمود پرواز الکتریکی باشد [۱۷].

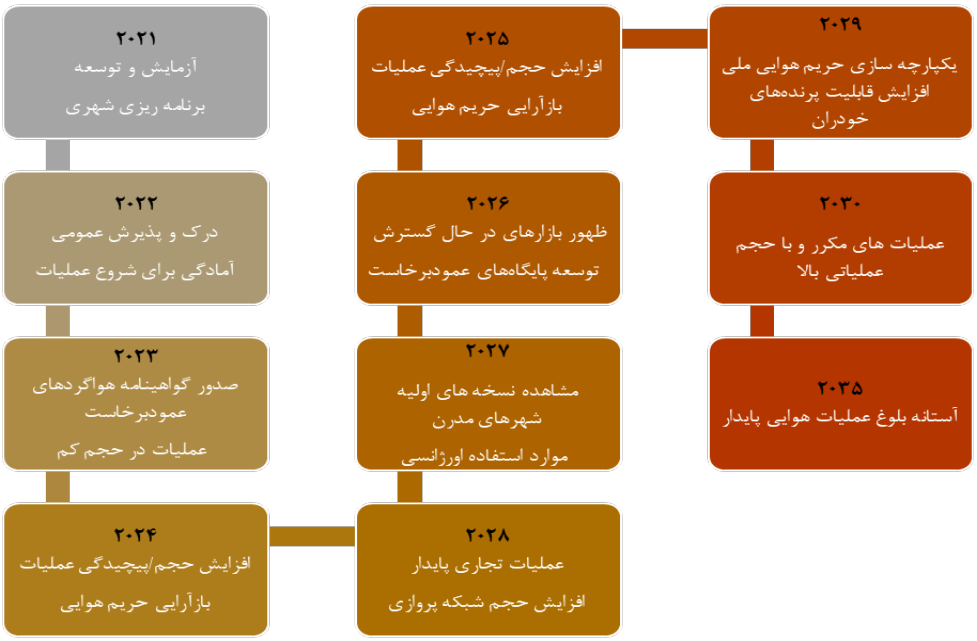
همین آمار، انگیزه‌ای مهم جهت گام برداشتن کشورها در راستای پیاده‌سازی این اکوسیستم است. بازار سامانه‌های جابه‌جایی هوایی پیشرفته به‌عنوان یک عرصه نوظهور و پیشرفته، جذابیت بسیاری برای سرمایه‌گذاران جهانی دارد و به‌طور گسترده در حال توسعه است. بسیاری از شرکت‌های تجاری و فعال در صنایع هوایی، شرکت‌های فناوری و نوآور در سرتاسر جهان در حال بهره‌برداری از فناوری‌های موجود و همچنین توسعه و آزمایش فناوری‌های نوین برای پیاده‌سازی زیست‌بوم سامانه‌های جابه‌جایی هوایی پیشرفته به‌منظور خدمت‌رسانی و جابه‌جایی مسافران و کالاها هستند [۱۸]. در شکل‌های ۴ و ۵ پیش‌بینی بازار سامانه‌های جابه‌جایی هوایی پیشرفته (متمرکز بر شهری) برای سال‌های آتی ارائه شده است.

برخی بررسی‌های بازار (قبل از شروع کووید)، پتانسیل کل بازار سامانه هواگردهای کوچک بدون سرنشین و سامانه هوایی پیشرفته را در دهه آینده پیش‌بینی کرده است؛ برآورد این مطالعات به‌شرح زیر است:

- کل بازار جهانی بین ۷۴ تا ۶۴۱ میلیارد دلار در سال ۲۰۳۵ پیش‌بینی شده است.
- بازار تحویل کالا بین ۳,۱ تا ۸ میلیارد دلار آمریکا در سال ۲۰۳۰ پیش‌بینی شده است.
- بازار حمل‌ونقل مسافر، بین ۲,۸ تا ۴ میلیارد دلار آمریکا در سال ۲۰۳۰ پیش‌بینی شده است.

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

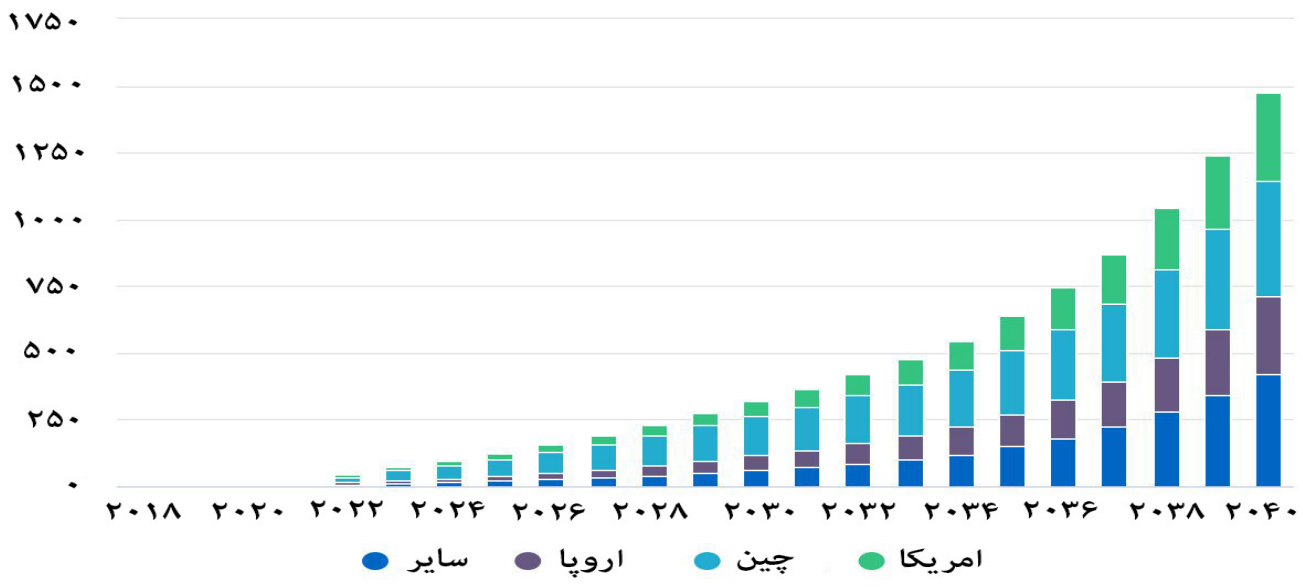


مأخذ: [۱۹].

با این حال، این پیش‌بینی‌ها به‌دلیل تفاوت در مفروضات (به‌عنوان مثال، منطقه جغرافیایی، جدول زمانی و ...) متفاوت هستند و روش‌شناسی‌های مختلفی مورد بررسی قرار گرفته است [۲].

همان‌طور که شکل ۵ نشان می‌دهد چین و آمریکا رقابت اصلی در جذب بازار سامانه‌های جابه‌جایی هوایی پیشرفته دارند. نمود این قضیه را می‌توان در حوزه خودروهای برقی مشاهده کرد که چین دورنمای بهتری نسبت به آمریکا در این حوزه دارد.

شکل ۵. پیش بینی بازار سامانه های جابه جایی هوایی پیشرفته طی ۲۰۱۸-۲۰۴۰ (میلیارد دلار)



مأخذ: [۱۸].

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

۴. بررسی سامانه‌های جابه‌جایی هوایی پیشرفته از منظر حمل‌ونقل پایدار

۱ ۴. توسعه حمل‌و نقل پایدار و اهمیت آن

مرکز حمل‌ونقل پایدار[1] یک سیستم حمل‌ونقل پایدار را سیستمی تعریف کرده است که:

اجازه دستیابی به نیازهای اساسی افراد و جوامع را به‌طور ایمن و با روشی منطبق با سلامت انسان و زیست‌بوم و با عدالت درون و بین‌نسلی می‌دهد؛

- قابل‌اجراست، به‌طور مؤثر عمل می‌کند، گزینه‌های حمل‌ونقل را پیشنهاد و از اقتصاد پویا حمایت می‌کند.
- انتشار گازهای گلخانه‌ای و ضایعاتی که جذب آنها برای سیاره زمین ممکن نیست را کاهش می‌دهد، مصرف منابع غیرقابل تجدید را به حداقل می‌رساند، مصرف منابع تجدیدپذیر را تا سطح بازده پایدار محدود می‌کند، اجزای آن را مجدداً استفاده و بازیافت کرده و استفاده از زمین و ایجاد آلودگی صوتی را به حداقل می‌رساند [۲۰, ۲۱].

سیستم و فعالیت حمل‌ونقل پایدار دارای سه بُعد اقتصادی، محیطی و اجتماعی است که برخی معیارها و شاخه‌های هر یک در جدول ۷ آمده است. به‌طور کلی می‌توان گفت حمل‌ونقل پایدار در واقع یافتن مؤثرترین و آسوده‌ترین راه جابه‌جایی مردم و وسایل نقلیه با کمترین میزان مصرف انرژی (در زمینه سوخت و تلاش‌های انسانی) با مقبول‌ترین هزینه و کمترین ترافیک است که با اهداف زیر محقق می‌شود:

۱. کاهش نیاز افراد به سفر،
۲. تغییر در روش انجام سفر،
۳. افزایش کارایی وسایل نقلیه (از نظر مصرف انرژی و تولید آلودگی) [۲۲].

معیار	شاخص
اقتصادی	کاهش هزینه‌های عملیاتی اجرای سیستم حمل‌ونقل، شامل هزینه‌های راه‌اندازی، تعمیر و نگهداری
	کاهش هزینه‌های سفر بین ایستگاه‌های معین برای سیستم حمل‌ونقل، مانند هزینه سوخت و کرایه
	کاهش ازدحام و ترافیک
	کاهش زیان‌های ناشی از تصادفات
	کارآمدی خدمات و تسهیلات حمل‌ونقل
محیطی – اکولوژیکی	کاهش تخریب زیستگاه‌ها
	کاهش آلودگی آب‌وهوا
	کاهش استفاده از سوخت‌های فسیلی
	کاهش آلودگی صوتی ایجاد شده ناشی از سیستم حمل‌ونقل
	کاهش استفاده از زمین برای احداث و توسعه زیرساخت‌های سیستم حمل‌ونقل
اجتماعی	عدالت اجتماعی
	زیست‌پذیری اجتماعی
	قابلیت انسجام‌پذیری هرچه بیشتر اجتماع
	زیبایی‌شناختی
	ایمنی سیستم حمل‌ونقل در برابر سوانح، سرقت و خراب‌کاری
	پویایی سیستم حمل‌ونقل
	تنوع در سیستم‌های حمل‌ونقل
	سهولت در استفاده از سیستم‌های حمل‌ونقل
	امکان گسترش سرویس سیستم حمل‌ونقل در صورت نیاز

مأخذ: [۲۰, ۲۳, ۲۴].

1 .Center for Sustainable Transportation (CST)

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

امروزه حدود ۳۰ درصد انرژی مصرفی جهانی صرف حمل‌ونقل‌های درون‌شهری و بین‌شهری می‌شود. ازاین‌رو، کاهش تبعات سوء حمل‌ونقل مانند مصرف بالای انرژی حاصل از منابع تجدیدناپذیر و آلایندگی یکی از موضوعات اصلی مورد توجه در مقوله پایداری حمل‌ونقل است. یک سیستم حمل‌ونقل پایدار نیازمند فعالیت‌هایی ورای کنترل آلودگی هوا و ترافیک یا کاهش مصرف سوخت است. بررسی‌ها نشان داده که هیچ راه منفرد جهانی برای حل معضل حمل‌ونقل وجود ندارد و رفع چنین مشکلی نیازمند یک سازوکار جامع، پویا و مطمئن است. واقعیت این است که وضعیت جابه‌جایی مردم در جوامع امروز نامطلوب است و بدون اقدامات اصلاحی و پیشگیرانه، بدون شک در آینده‌ای نزدیک تبدیل به بحران خواهد شد. بنابراین هم کشورهای توسعه‌یافته و هم کشورهای در حال توسعه، ناگزیرند به سمت مدیریت پایدار حمل‌ونقل حرکت کنند و برای حل معضلات ترافیکی در شهرها باید مبانی و اصول حمل‌ونقل پایدار را به‌منزله مرکز ثقل برنامه‌های آتی مدنظر قرار داد [۲۰, ۲۵].

۲-۴. توسعه حمل ونقل پایدار از منظر سامانه های جابه جایی هوایی پیشرفته

توسعه پایدار از منظر سامانه‌های جابه‌جایی هوایی پیشرفته شامل مجموعه‌ای از قوانین، رویه‌ها و اقداماتی است که حمل‌ونقل هوایی محموله‌ها و مسافران را در محیط شهری امکان‌پذیر می‌کند؛ به‌نحوی که مسافران و محموله‌ها را با وسایل نقلیه هوایی الکتریکی جدید (سبز) در مناطق مختلف جغرافیایی جابه‌جا کند [۲۶].

همان‌طور که بیان شد، یکی از دغدغه‌های جهان امروز در بحث توسعه پایدار، استفاده بی‌رویه از منابع انرژی تجدیدناپذیر و فسیلی به‌منظور جابه‌جایی درون‌شهری است. این امر ضرورت به‌کارگیری حمل‌ونقل پایدار را افزایش داده است. سامانه‌های هوایی پیشرفته را می‌توان به‌عنوان راه‌حلی برای کاهش اثرات منفی زیست‌محیطی نظیر آلودگی هوا در نظر گرفت. برخی ویژگی‌های سامانه‌های جابه‌جایی هوایی پیشرفته که الزامات توسعه پایدار را برآورده می‌کنند در جدول ۸ آمده است. باید گفت ارائه یکپارچگی در ارائه خدمات و تسهیل و تسریع آنها، پلتفرم متمرکز، بهینه‌سازی کارکرد شهری و استفاده از انرژی‌های پاک از مهمترین ویژگی‌های سامانه‌های جابه‌جایی هوایی پیشرفته است که با برخی شاخص‌های توسعه پایدار در حمل‌ونقل انطباق دارد.

جدول ۸. سامانه های جابه جایی هوایی پیشرفته در انطباق با شاخص های توسعه حمل ونقل پایدار

ویژگی	مشخصات	انطباق با شاخص‌های توسعه حمل‌ونقل پایدار
ارائه خدمات یکپارچه و هماهنگ	اتوماسیون کامل پرواز به معنای عدم نیاز به خلبان حاضر در وسیله پرنده است. درحالی‌که مسافران ملزم به داشتن هیچ‌گونه مهارت یا مدرک خلبانی نیستند. سفارش و پرداخت خدمات همه به‌صورت برخط از طریق برنامه‌های تلفن همراه انجام می‌شود. این امر می‌تواند با کاهش چشمگیر هزینه‌های کارکنان، کارایی را افزایش دهد.	■ کاهش هزینه‌های عملیاتی اجرای سیستم حمل‌ونقل ■ کارآمدی خدمات و تسهیلات حمل‌ونقل
تسهیل و تسریع بخشی در ارائه خدمات	در مقایسه با حمل‌ونقل زمینی سنتی، سامانه‌های جابه‌جایی هوایی شهری با توجه به اینکه به افراد و کالاها امکان می‌دهد تا در بالای یک شهر در مسیرهای هوایی مستقیم حرکت کنند به تسهیل و کارآمدسازی جابه‌جایی‌ها کمک خواهد کرد.	■ کارآمدی خدمات و تسهیلات حمل‌ونقل ■ تنوع در سیستم‌های حمل‌ونقل
پلتفرم متمرکز	یک سامانه‌های جابه‌جایی هوایی شهری با پشتیبانی از یک پلتفرم متمرکز و با استفاده از خلبان خودکار می‌تواند خطر تصادفات را کاهش دهد و از روان و منظم بودن تردد در تمام ساعات روز و شب اطمینان حاصل کند.	■ کاهش زیان‌های ناشی از تصادفات ■ ایمنی سیستم حمل‌ونقل در برابر سوانح، سرقت و خراب‌کاری
بهینه‌سازی	سامانه‌های جابه‌جایی هوایی شهری اتلاف منابع را در درازمدت کاهش می‌دهند. همچنین مشکل پارکینگ و زمین‌های بایر را برطرف می‌کند که مشکل بسیاری از کلان‌شهرهاست.	■ کاهش استفاده از زمین برای احداث و توسعه زیرساخت‌های سیستم حمل‌ونقل
انرژی سبز	وسایل نقلیه سامانه‌های جابه‌جایی هوایی شهری با نیروی برقی سازگار با محیط زیست، بدون آلایندگی، مزیت فوق‌العاده‌ای نسبت به اکثر وسایل نقلیه زمینی و هوایی فعلی دارند که همچنان با سوخت‌های فسیلی کار می‌کنند.	■ کاهش آلودگی آب‌وهوا ■ کاهش استفاده از سوخت‌های فسیلی

مأخذ: [۲۰, ۲۷].

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

از طرفی برخی عوامل در مسیر تکامل سامانه‌های جابه‌جایی هوایی پیشرفته وجود دارد که به‌نظر نمی‌رسد در کوتاه‌مدت تا میان‌مدت بتواند با الزامات حمل‌ونقل پایدار همسو شود که مهمترین آن موضوع قیمت‌گذاری و ملاحظه شاخص «رعایت عدالت اجتماعی» است. مهمترین دلیل برای آنکه در قسمت بررسی سامانه‌های جابه‌جایی هوایی پیشرفته از منظر زنجیره ارزش مفصل‌تر به آن پرداخته شده، چالش هزینه‌های اجرای طرح به‌دلیل حجم بالای سرمایه‌گذاری اولیه در ایجاد زیرساخت‌هاست. همچنین شاخص «امکان گسترش سرویس سیستم حمل‌ونقل در صورت نیاز» نیز به‌دلیل نیاز به بازآرایی سیاست‌ها و رویکردهای معماری شهری و برخی دیگر از ملاحظات (مانند ملاحظات امنیتی) به آینده‌ای میان‌مدت تا بلندمدت نیاز دارد.

۵. بررسی سامانه‌های جابه‌جایی هوایی پیشرفته از منظر زنجیره ارزش

۱ ۵. زنجیره ارزش مرسوم در صنایع هوایی

به‌طور کلی زنجیره ارزش در صنایع هوایی از منظر فناوری و تولید، مشتمل‌بر طیف گسترده‌ای از فعالیت‌هاست که بازیگران مختلفی در بخش‌های بالادستی در حوزه طراحی، تحقیق و توسعه، مونتاژ نهایی در حوزه ساخت و تولید و همچنین بخش‌های پایین‌دستی نظیر تولید و مونتاژ قطعات،[1] بازاریابی و فروش، حمل‌ونقل هوایی، تعمیر، نگهداری و اورهال،[2] پایان عمر و ... را درگیر می‌کند.[3] آنچه مسلم است حوزه هوایی فقط به حوزه حمل‌ونقل و / یا بالادست زنجیره ارزش خلاصه نمی‌شود، بلکه طیف گسترده‌ای از سازمان‌ها و بنگاه‌های خُرد و کلان از تولیدکنندگان، تأمین‌کنندگان، واسطه‌ها، کاربران، مؤسسات تأمین سرمایه، حاکمیت و تشکل‌ها، انجمن‌ها و سازمان‌های ملی و بین‌المللی را پوشش می‌دهد که در کنار یکدیگر همکاری می‌کنند.

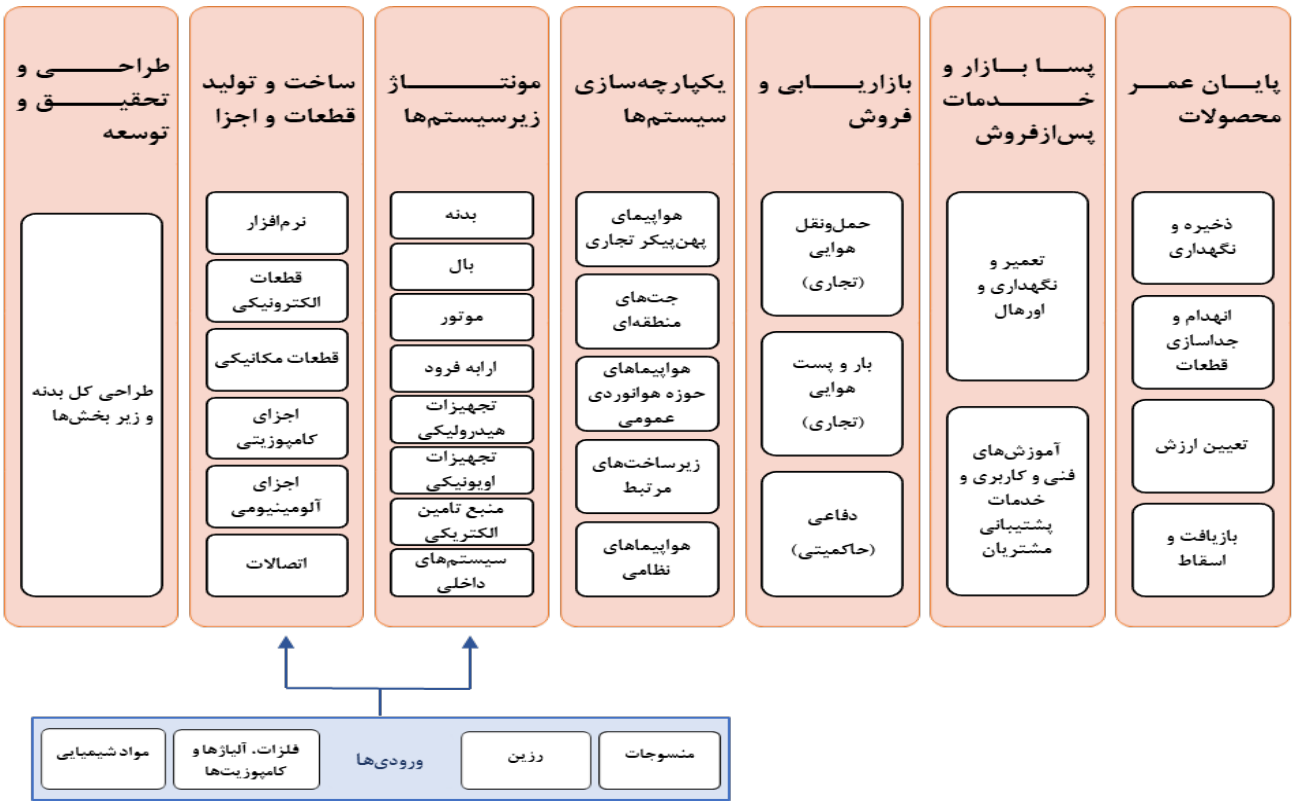
بارزترین ویژگی در ایجاد ارزش داخلی برای یک زنجیره ارزش هوافضایی، اجرای فعالیت‌های بالادستی شامل تولید و انتقال فناوری در طراحی، تحقیق و توسعه است. این فعالیت‌ها مستلزم درک و تسلط محتوایی، دانش غیرمدون در حوزه‌های طراحی، انتقال و مدیریت فناوری‌های پیشرفته و پیچیده و همچنین مدیریت و دانش سازمانی به‌منظور برقراری ارتباط و استفاده از سرریز همه بخش‌ها در زنجیره ارزش با صرف هزینه‌های کلان است. در سال‌های اخیر اگرچه بخش قابل توجهی از درآمدهای کسب‌وکار هوافضایی در رده شرکت‌های سازنده قرار گرفته است، اما بیشترین حاشیه سود عملیاتی به شرکت‌های رده‌های اول و تولیدکنندگان سیستم‌های پیشرانش، اجزا و قطعات اختصاص یافته که این امر موجبات سرمایه‌گذاری و درآمدزایی را برای بسیاری از بخش‌های خصوصی فراهم آورده است؛ همین امر سبب افزایش سرمایه‌گذاری‌های کشورهای مختلف در این حوزه نیز شده است. نیاز روزافزون شرکت‌های سازنده محصولات هوایی به تأمین قطعات از جانب زنجیره پایین‌دست، شرکت‌های فعال در رده یک و دو را از زنجیره ثبات و استحکام قابل قبولی برخوردار کرده است. مهمترین بخش زنجیره ارزش صنایع هوایی از منظر فناوری، مرحله طراحی و تحقیق و توسعه است که پرهزینه‌ترین بخش از زنجیره ارزش از منظر مالی و زمانی نیز هست. عموماً توسعه یک محصول هوافضایی حدود ۵ تا ۱۰ سال به طول می‌انجامد و این زمان برای یک هواپیما حدود ۱۰ تا ۱۸ سال تخمین زده می‌شود [۲۸]. با توجه به هزینه‌های فزاینده فرایندهای طراحی و تحقیق و توسعه یک محصول جدید، سازندگان نهایی با تأمین‌کنندگان سیستم‌های تخصصی از جمله توسعه‌دهندگان موتور و بدنه (که به‌طور هم‌زمان در پروژه فعال هستند) به‌صورت مشترک در عواید و عوارض پروژه سهیم هستند که از آنها به‌عنوان شرکای ریسک نام برده می‌شود. این رویکرد به نوعی با هدف جبران هزینه‌کرد آنها در این بخش لحاظ می‌شود و تحت این مدل شرکای ساخت، مالکیت سیستم خود را حفظ کرده و امکان فروش آن را به سایر صنایع یکپارچه‌ساز به دست می‌آورند [۲۹]. در شکل‌های ۶ و ۷ به ترتیب شمایی از یک زنجیره ارزش صنایع هوایی و رده‌ها و زیررده‌های آن نمایش داده شده است. در ادامه هر یک از مراحل در زنجیره ارزش تعریف می‌شود [۳۰].

1. Original Equipment Manufacturer (OEM).
2. Maintenance, Repair and Overhaul (MRO)

۳. با توجه به تعاریف مختلف زنجیره تأمین و زنجیره ارزش، هر دو به نوعی بیانگر زنجیره تعامل میان تأمین‌کنندگان در مراحل مختلف تولید و خدمات هستند. با این تفاوت که در زنجیره تأمین، رویکرد از منبع تولید به کاربر نهایی و با هدف یکپارچه‌سازی و بهینه‌سازی فرایندهای تولید و خدمات است، درحالی‌که در زنجیره ارزش، کاربر نهایی به‌عنوان منبع تقاضا تعریف می‌شود و رویکرد از کاربر نهایی به تولیدکننده با هدف ایجاد ارزش برای مصرف‌کننده است. بااین‌همه، با توجه به ادبیات رایج در حوزه کسب‌وکار هوافضایی، در گزارش حاضر از این تفاوت‌ها صرف‌نظر شده است.

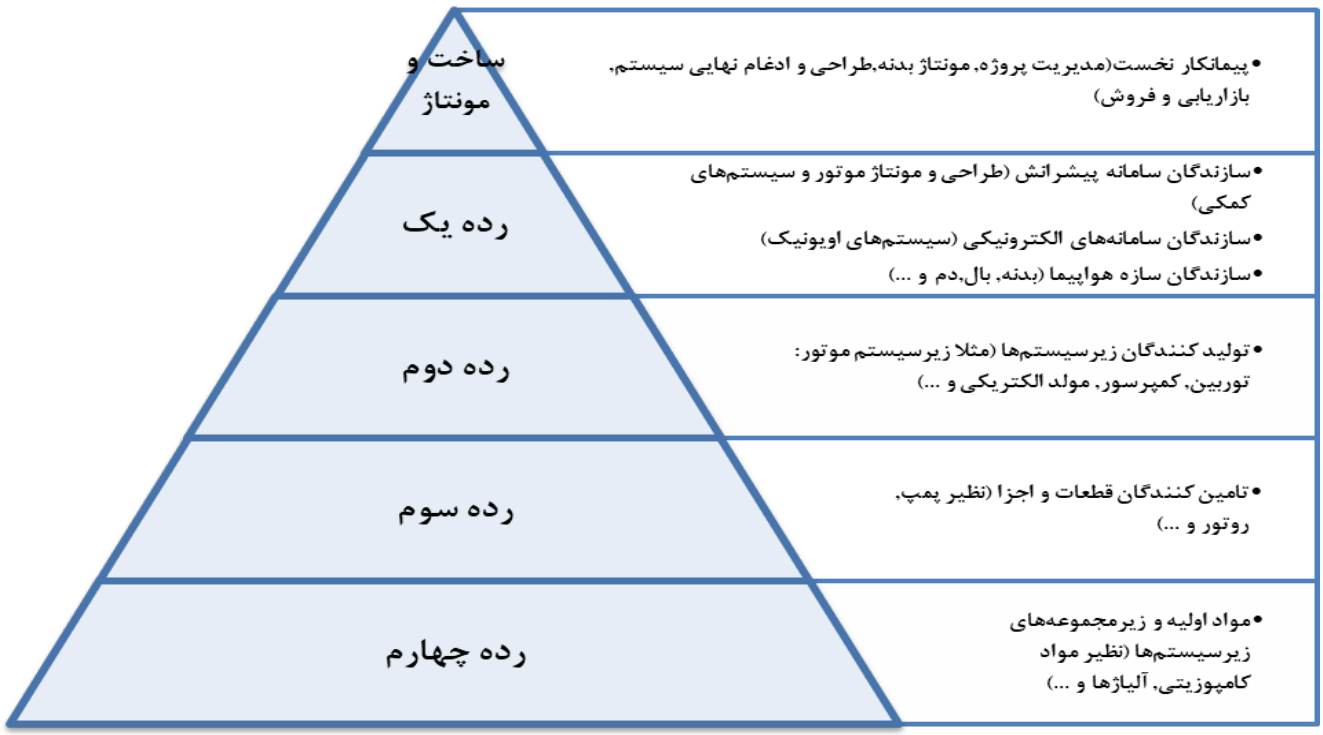
Archive of SID.ir

Archive of SID.ir



مأخذ: [۳۰].

شکل ۷. رده‌ها و زیررده‌های یک زنجیره تأمین مرسوم هوایی



مأخذ: [۳۰].

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

مهمترین مسئله برای بازیگران بالقوه و نوظهور در زنجیره ارزش، داشتن کف درآمد قابل قبول سالیانه، شناخت کمیت و کیفیت سرمایه‌گذاری، شراکت و تعاملات بین‌المللی صنایع، الزام به رعایت استانداردها (با توجه به بار مالی آنها برای بازیگران) و گواهینامه‌های ملی و بین‌المللی و افزایش کیفیت خدمات است. از عوامل یاد شده می‌توان به‌عنوان عوامل محدودکننده ورود به زنجیره ارزش جهانی صنایع هوافضایی یاد کرد که بسیاری از شرکت‌های فعال در زنجیره ارزش را نیز مجبور به ادغام با بازیگران بزرگ‌تر یا سقوط به رده‌های پایین‌تر زنجیره کرده است.

۲-۵. زنجیره ارزش در سامانه‌های جابه‌جایی هوایی پیشرفته

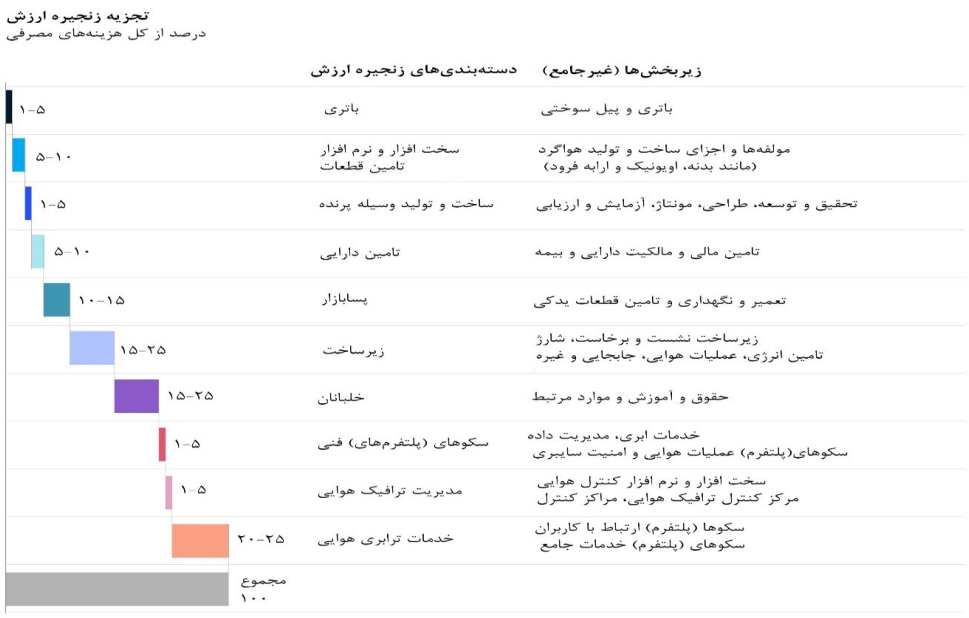
باید گفت زنجیره ارزش در سامانه‌های جابه‌جایی هوایی پیشرفته از منظر بازیگران، خدمات و زیرساخت‌ها از زنجیره مرسوم صنایع هوافضایی تبعیت نمی‌کند. بازیگران این حوزه شامل نهادهای حاکمیتی و قانونگذار، نهادهای بین‌المللی در حوزه استاندارد و قوانین و مقررات، شرکت‌های تحقیق و توسعه، طراحی و مونتاژ، سازندگان سیستم‌ها و زیرسیستم‌ها، تأمین‌کنندگان انرژی، شرکت‌های بازیافت تخصصی محصولات و شرکت‌های ارائه‌دهنده خدمات هستند.

از طرفی، زیرساخت‌ها و خدمات با برخی تفاوت‌ها با زنجیره ارزش مرسوم شامل مواردی از قبیل عملیات جابه‌جایی هوایی شامل حمل مسافر و کالا، فعالیت‌های مربوط به ایستگاه‌های نشست و برخاست، تأمین زیرساخت مناسب برای ساخت‌وسازهای ایستگاه‌های فرودگاهی ویژه، خدمات ساخت و نگهداری تجهیزات مرتبط با محصولات هوانوردی مانند سخت‌افزار و نرم‌افزارهای مرتبط، مکان‌های تعمیر و نگهداری و سایت‌های انفصال از خدمت محصولات، خدمات امنیتی، مهارت‌ها، آموزش، تحقیق و توسعه و همچنین فعالیت‌های کمکی مانند بیمه، سرمایه‌گذاری و مدیریتی است.

با نگاهی به زنجیره ارزش این زیست‌بوم جدید باید گفت سامانه‌های جابه‌جایی هوایی پیشرفته به‌دلیل به‌کارگیری سطح فناوری بالا و آینده‌نگرانه از فاز طراحی مفهومی تا فاز بهره‌برداری و ترابری، نوع جدیدی از زنجیره ارزش را می‌طلبد که به‌رغم شباهت با زنجیره ارزش مرسوم، در عمل متفاوت است. می‌توان گفت مهمترین آن مواردی از قبیل تفاوت در حجم سرمایه‌گذاری اولیه در ایجاد زیرساخت‌ها، تفاوت شیوه جابه‌جایی هوایی و ظرفیت ارائه خدمات متنوع است. بنابراین چنین زیست‌بوم نوینی بازآرایی متفاوتی نسبت به حالت مرسوم لازم دارد.

در حوزه سرمایه‌گذاری و جذب درآمد، بازیگران زنجیره باید علاوه‌بر تقسیم درآمد، ملاحظات مربوط به برخی از بخش‌ها در امتداد زنجیره ارزش که نسبت به حجم سرمایه‌گذاری اولیه عایدی نسبتاً کمتری به دست می‌آورند را درک کنند. برای مثال، حوزه باتری‌ها به‌دلیل موانع ورود بیشتر به نسبت سایر حوزه‌ها نسبت عایدی به هزینه کمتری خواهد داشت. در شکل ۸ شمایی از زنجیره ارزش تجزیه شده یک هواگرد پیشرفته به همراه سهم از کل هزینه‌های مصرفی در هر بخش ترسیم شده است.

شکل ۸. شمایی از زنجیره ارزش تجزیه شده یک هواگرد پیشرفته به همراه سهم از کل هزینه‌های مصرفی در هر بخش



مأخذ: [۶].

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

با توجه به شـــکل ۸ می‌توان گفت مهمترین تفاوت‌های زنجیره ارزش سامانه‌های جابه‌جایی هوایی پیشـــرفته نسبت به زنجیره ارزش سنتی در موارد زیر است:

- بالا بودن هزینه های نیروی انسانی: این هزینه‌ها احتمالاً درصد بسیار بیشـــتری از زنجیره ارزش را حداقل در ابتدا تشکیل می‌دهند. هواگردهای پیشـــرفته معمولاً نسبت خلبان به مسافر بالاتری در مقایســـه با مثـــلاً یک هواپیمـــای باریک‌پیکر یا جت منطقه‌ای دارند؛ به‌نحوی که اکثر وسایل نقلیه هوایی پیشرفته قادر به حمل حداکثر ۳ تا ۶ مسافر هستند، درحالی که یک هواپیمای تجاری در یک پـــرواز داخلی حدود ۱۶۰ مســـافر را در خود جای می‌دهد. این امر به آن معناســـت که در زنجیره ارزش سامانه‌های جابه‌جایی هوایی پیشرفته (بدون ملاحظه راهکارهای فناورانه)، بخش قابل توجهی از هزینه‌ها باید صرف جذب و آموزش نیروهای انســـانی متخصص به‌خصوص خلبانان هواگردها شود. با توجه به شکل ۶، خلبان‌ها به‌عنوان یکی از مهمترین محرک‌های ارزش و هزینه برای بخش سامانه‌های جابه‌جایی هوایی پیشرفته محسوب می‌شوند و ۱۵ تا ۲۵ درصد از ارزش کل زنجیره را به خود اختصاص داده‌اند. تخمین زده می‌شود که ۶۰۰۰۰ خلبان هواگردهای برقی عمودبرخاست ممکن است تا سال ۲۰۲۸ مورد نیاز باشد؛ علاوه‌بر هزینه بالا بحث ایمنی پروازی ناشـــی از قصور انســـانی نیز برای اپراتورها ممکن است چالش‌برانگیز باشد.
- کمتر بودن هزینه ســـامانه های پیشـــران: پیشرانه‌های هواگردهای پیشرفته احتمالاً ســـهم کمتری از زنجیره ارزش را نســـبت به هوافضای تجاری امروزی به خود اختصاص می‌دهند. هواگردهای پیشـــرفته هیچ‌گونه نیازی به فناوری موتور احتراقی با دمای بالا ندارنـــد (موتورهای احتراقی هر چند ســـال یک بار نیاز به اورهال با صرف هزینه‌های میلیـــون دلاری دارد). در این محصولات پیشرانه‌های برقی طراحی ساده‌تری داشته و نسبت به جایگزین‌های مبتنی‌بر سوخت‌های فسیلی هزینه کمتری برای عملیات تعمیر و نگهداری در پی دارند.
- تنوع بیشتر خدمات جابه جایی هوایی: این خدمات می‌تواند سهم بیشـــتری از زنجیره ارزش ســـامانه‌های جابه‌جایی هوایی پیشـــرفته را به‌دلیل درجه بالاتر هماهنگـــی ترابری چندوجهی مورد نیاز (یعنی اطمینان از انتقال سریع بین سفر به نقطه رأس، نشست و برخاست و استفاده از روش دیگری از مدهای حمل‌ونقل به سایر مقاصد) تشکیل دهد. بااین‌حال باید توجه داشت سفرهای معمولی توسط هواگردهای پیشرفته به‌دلیل محدودیت‌های فنی اولیه، مسافت کوتاه‌تری برای طی کردن خواهند داشت و نسبت تغییر حالت به ســـایر مدهای ترابری، زمان حمل‌ونقل را بیشتر می‌کنند.

۶. بررسی سامانه‌های جابه‌جایی هوایی از منظر حمل‌ونقل هوشمند

سامانه‌های حمل‌ونقل هوشمند نقش بســـزایی در بهبود سطح ایمنی در شبکه‌های درون‌شـــهری و برون‌شهری، کاهش سوانح، روان‌سازی ترافیک شـــبکه، بهبود برنامه‌ریزی و مدیریت ترابری، اطلاع‌رسانی مناســـب به کاربران قبل و حین سفر و کمینه‌سازی مخاطرات سفر دارد. سامانه‌های حمل‌ونقل هوشمند با به‌کارگیری اطلاعات ترافیکی و جغرافیایی و به‌کارگیری راهکارهای مختلف ارتباطات و فناوری‌های کنترلی در جهت مهندسی، بهبود و اصلاح عملیات مدیریت شـــبکه حمل‌ونقل عمل می‌کنند و ازاین‌رو در برنامه‌ریزی شهری بســـیار مورد توجه قرار گرفته‌اند. وظیفه کلی این سامانه‌های تصمیم‌یار (پشتیبانی تصمیم) بهبود تصمیم‌گیری آفلاین و آنلاین برای کنترل‌کننده‌های شبکه حمل‌ونقل و دیگر کاربران و در نتیجه بهبود کارکرد کلی سیستم حمل‌ونقل عمومی و شخصی است. اما این سامانه‌ها زمانی می‌توانند به‌صورت مناسب عمل کنند که به‌صورت یکپارچه تعریف شده باشند. در این راستا ابزارهای سامانه‌های حمل‌ونقل هوشـــمند به کاربران و مسافران برای اتخاذ تصمیم بهتر و به موقع در زمان مناسب با توجه به سطوح مختلف تقاضا یاری می‌رسانند. سامانه‌های حمل‌ونقل هوشمند، با اطلاع‌رسانی مناسب فردی و گروهی، به مسافر کمک می‌کنند که ضمن اســـتفاده از خدمات زمان‌بندی، مســـیریابی و هدایت مسیر موجب پایین آمدن تراکم در شبکه ترافیک و کمینه‌سازی آلاینده‌های زیست‌محیطی شوند.

مهمترین مؤلفه‌های حمل‌ونقل هوشـــمند موضوعاتی شـــامل فناوری‌های نوظهـــور، سیســـتم‌های خودران، تبـــادل داده‌ها، کلان‌داده، هوش مصنوعی و امنیت سایبری هستند. حمل‌ونقل هوشـــمند آینده‌ای را پیش‌بینی می‌کند که در آن شـــهروندان و جوامع بتواننـــد از خدمات حمل‌ونقل یکپارچه و ایمن اســـتفاده کنند و نیازهای کاربر و داده‌های درخواستی بلادرنگ توسط یک زیست‌بوم حمل‌ونقل به‌هم پیوسته برآورده شود [۳۱].

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

هوشمندسازی در بسیاری از سطوح سامانه‌های جابه‌جایی هوایی پیشرفته وجود دارد و می‌توان گفت به‌واسطه همین امر بوده که این صنعت تغییرات شگرفی در جابه‌جایی، بهره‌برداری از زیرساخت، کاهش هزینه‌ها، بهبود ظرفیت، ایمنی، امنیت، بهره‌وری کیفیت و مدیریت ترافیک هوایی داشته است. شایان ذکر است برخی خدمات سیستم‌های خودران و مدیریت داده اساساً بدون هوشمندسازی قابل ارائه نیستند و برخی دیگر با افزایش هوشمندسازی و توسعه فناوری اثربخشی و کارایی بیشتری می‌یابند. در جدول ذیل به اهم ظرفیت‌های حمل‌ونقل هوشمند در سامانه هوایی شهری اشاره شده‌است.

جدول ۹. اهم ظرفیت‌های حمل‌ونقل هوشمند در سامانه جابه جایی هوایی پیشرفته

ردیف	مؤلفه	توضیحات
۱	انتقال کالا	جابه‌جایی کالا و مسائلی از قبیل مدیریت ناوگان تجاری و زنجیره جابه‌جایی بار، برنامه‌ریزی پویای حمل‌ونقل کالا، بهینه‌سازی عملیات سفارش تا تحویل، گزارش عملکرد الکترونیکی، کنترل و نظارت خودکار
۲	مدیریت داده	مسائل در حوزه مدیریت داده همچون تجمیع، ذخیره‌سازی، تهیه گزارش، ارزیابی عملکرد، تبادل اطلاعات، کلان‌داده و پیش‌بینی الگوها براساس هوش مصنوعی
۳	ایمنی	مسائل حوزه ایمنی نظیر پیش‌بینی بحران به‌واسطه هوش‌مصنوعی، پشتیبانی مسیریابی وسایل نقلیه امدادی، ارسال اطلاعات سانحه، مدیریت ناوگان خدمات امدادی، سامانه‌های اینترنت اشیا و ارتباط هواگردها
۴	حمل‌ونقل همگانی	مسائل حوزه حمل‌ونقل همگانی نظیر رهگیری ناوگان هوایی، مدیریت پویای خدمات همگانی، خدمات پرداخت الکترونیک کرایه، نظارت بر امنیت ترابری هوایی، ارزیابی هوشمند تقاضا و اطلاع‌رسانی به کاربران
۵	مدیریت ترافیک هوایی و ناوبری	مسائل حوزه مدیریت ترافیک هوایی و ناوبری، خدماتی همچون مدیریت ناوگان، سامانه‌های نظارتی، مدیریت حریم هوایی و کریدورها، پیش‌بینی شرایط جوی، مدیریت ایستگاه‌های شارژ / سوخت، تدابیر لازم جهت عدم ورود به مناطق ممنوعه پروازی، محدودیت سرعت و کنترل تخلفات
۶	خودمختاری و سیستم‌های خودران	خودمختاری و سیستم‌های هدایت خودران و سطح آن به پیشرفت‌های فناورانه در این حوزه وابسته است.[۱]

مأخذ: [۳۲].

همان طور که در قسمت‌های قبل به آن اشاره شد، ساختار متفاوت زنجیره ارزش سامانه‌های جابه‌جایی هوایی پیشرفته به جهت کاهش هزینه‌های نیروی انسانی و کسب حداکثر سهم از بازار و ارزش‌آفرینی به‌واسطه ارائه خدمات نوین، نیازمند ملاحظه ظرفیت‌های حمل‌ونقل هوشمند است. این امر به کمک ابزارهایی از قبیل فناوری‌های نوظهور، ایمنی سایبری، هوش مصنوعی، یادگیری ماشین و سامانه‌های خودران محقق می‌شود. همان‌طور که در جدول فوق به آن اشاره شد، در حوزه‌های جابه‌جایی مسافر و کالا و همچنین مدیریت ترافیک هوایی و ناوبری و مدیریت داده مسائلی از قبیل مدیریت ناوگان تجاری و زنجیره جابه‌جایی بار، برنامه‌ریزی پویای حمل‌ونقل کالا و مسافر، سامانه‌های نظارتی، پیش‌بینی الگوها براساس هوش مصنوعی مدیریت حریم هوایی و کریدورها، محدویت‌های ورود به مناطق ممنوعه پروازی و کنترل تخلفات مطرح می‌شود که در کاهش هزینه‌های عملیاتی اجرای سیستم حمل‌ونقل و نیز ارتقای کارآمدی خدمات و تسهیلات حمل‌ونقل در راستای اجرای حمل‌ونقل پایدار مؤثر است. خودمختاری و سیستم‌های خودران از جمله رویکردهای آینده‌نگرانه برای افزایش ایمنی و کاهش هزینه‌های عملیاتی

۱. براساس طبقه‌بندی که توسط انجمن مهندسین وسایل خودران برای وسایل نقلیه سطحی تعریف شده است. در این تعریف پنج سطح شامل سطح بدون اتوماسیون (هواپیماهای بدون سرنشین)، سطح کمک‌خلبان، سطح اتوماسیون جزئی، سطح اتوماسیون مشروط، اتوماسیون سطح بالا و سطح اتوماسیون کامل تبیین شده است.

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

اســـت. علاوه‌بر آن ظرفیت‌هایی نظیر پیش‌بینی بحران به‌واسطه هوش مصنوعی، پشتیبانی مسیریابی وسایل نقلیه امدادی، ارسال اطلاعات ســـانحه، مدیریت ناوگان خدمات امدادی، سامانه‌های اینترنت اشـــیا و ارتباط هواگردها که هم‌اکنون بسیاری از آنها در خودروهای خودران اســـتفاده می‌شـــود منجر به افزایش کارایی سیستم‌های حمل‌ونقلی خواهد شد.

۷. ایران و موضوع توسعه زیست‌بوم سامانه‌های جابه‌جایی هوایی پیشرفته

الزامات توسعه نوآورانه و فناورانه زیســـت‌بوم هوانوردی عمومی کشور توسط برخی پژوهشگران مورد بررســـی قرار گرفته است. مطالعات منطقی و همکاران نشان می‌دهد که هرچند خلق و توسعه دانش در این حوزه قابل قبول بوده و ظرفیت‌های خوبی در مسیر شکل‌گیری بازار در حوزه هوانوردی عمومی پیش‌بینی می‌شود، اما توسعه حمل‌ونقل عمومی از منظر جذابیت برای صنعت و تقاضا ضعیف است که برخی دلایل آن می‌تواند چالش‌ها و محدودیت‌های پیش روی این صنعت باشد [۳۳].

به‌طور کلی برخی از مهمترین ظرفیت‌هایی که زمینه‌ساز توجه به توسعه ســـامانه‌های جابه‌جایی هوایی پیشرفته در کشور هستند عبارتند از:

۱. تقویت اشتغال دانش‌بنیان در حوزه صنایع هوایی و حضور در زنجیره ارزش،

۲. افزایـــش کیفیت و دسترســـی به خدمـــات اجتماعی عمومی نظیر مقابله با بحـــران و بلایای طبیعـــی، اورژانس‌های هوایی و سرعت‌بخشی به عملیات‌های اضطراری،

۳. تکمیل‌بخشی از شبکه پروازی داخلی و ارتقای خدمات قطب و اقماری و افزایش بهره‌وری زیرساخت‌های فرودگاه‌های هوانوردی عمومی،

۴. ظرفیت‌های قابل توجه در گردشـــگری هوایی (به‌ویژه ایجاد جاذبه، تسهیل دسترسی به مناطق گردشـــگری و کاهش زمان حمل‌ونقل برای گردشگران خارجی با هدف ترویج سفر به ایران).

در این میان مجموعه مسائل، چالش‌ها و محدودیت‌هایی نیز در مسیر توسعه زیست‌بوم ســـامانه‌های جابه‌جایی هوایی پیشرفته وجود دارد که به‌شرح زیر قابل دسته‌بندی هستند:

- عدم شناسایی ظرفیت‌ها (مزایا و هزینه فرصت‌ها)
  - ظرفیت‌های ارائه خدمات اجتماعـــی عمومی هوایی (اورژانس هوایی، مقابله بـــا بحران و بلایـــای طبیعی، سرعت‌بخشـــی به عملیات‌های اضطراری و ...)،
  - توسعه پژوهش‌ها و فناوری و تقویت اشتغال دانش‌بنیان،
  - امکان حضور در زنجیره ارزش جهانی،
  - ظرفیت‌های فرودگاهی کشور در حوزه هوانوردی عمومی و شبکه پروازی داخلی و خدمات قطب و اقماری،
  - ظرفیت‌های توسعه گردشگری هوایی.
- عدم آشنایی و اولویت موضوع توسط سیاستگذاران
  - پذیرش حاکمیت و تبیین راهبرد،
  - تأیید نهادهای امنیتی،
  - تبیین و اصلاح قوانین و مقررات،
  - تبیین حدود و ثغـــور فعالیت بخش خصوصی و شـــرکت‌های دانش‌بنیان،
  - قوانین و مقررات در حوزه واردات،
  - اســـتفاده نکردن از برخی ظرفیت‌های قانونی جهت حمایت از این حوزه.
- ملاحظات و ویژگی‌های زیست‌بومی کشور
  - عدم تبیین حیطه فعالیت و اثربخشی این زیست‌بوم در کشور،
  - زمان ورود به زیست‌بوم،
  - میزان توانمندی داخلی.
- چالش‌های اقتصادی و جذب سرمایه
  - توجه ناکافی به ظرفیت‌های گردشگری در این حوزه،
  - امنیت سرمایه‌گذاری در زیست‌بوم.
- چالش‌های فناورانه در سیستم‌های با فناوری بالا
  - انتقال فناوری به‌واسطه واردات،
  - بومی‌سازی و ساخت و تولید دانش‌بنیان،
  - نیروی انسانی متخصص،
  - سیستم‌های پیش‌رانش و انرژی،
  - خودمختاری و سامانه‌های خودران،
  - طراحی واحد،
  - حجم و تقاضای بازار.
- ملاحظات معماری شهری و زیست‌محیطی
  - بافت شهری در مناطق متراکم و فرسوده،
  - آلایندگی،
  - تخریب محیط زیست و آسیب به پرندگان.
- ملاحظات پذیرش اجتماعی

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

- پذیرش اجتماعی،
- آلودگی صوتی،
- حریم شخصی،
- دسترسی همگانی،
- برابری اجتماعی،
- مقرون‌به‌صرفه بودن.

■ زیرساخت‌های فیزیکی و ارتباطی

- فرودگاه‌های اقماری کشور،
- مدیریت ترافیک هوایی،
- ارتباطات، ناوبری و رادارهای نظارتی،
- ایستگاه‌های شارژ الکتریکی / سوخت‌رسانی،
- سکو، فرودگاه و مرکز نشست و برخاست عمودی،
- تعمیر و نگهداری،
- معماری و شهرسازی.

■ ملاحظات ایمنی و امنیتی

- حیطه نظارتی،
- تحمل شرایط نامساعد جوی،
- سیستم‌های مدیریت ایمنی،
- عملیات خرابکارانه، تهدیدات تروریستی و هواپیماربایی،
- ایمنی شخصی در مقابل سایر مسافران،
- تهدیدات سایبری،
- حفاظت و امنیت داده‌ها.

شکل ۹. اهم مجموعه مسائل، چالش‌ها و محدودیت‌های پیش روی زیست‌بوم سامانه‌های جابه‌جایی هوایی پیشرفته

گفتنی است هر یک از این چالش‌ها و ملاحظات خاص آن در گزارش آتی به تفصیل بررسی خواهد شد.

بااین‌حال به‌نظر می‌رسد گام‌های اولیه که در راستای توسعه این زیست‌بوم در شرایط فعلی باید مدنظر قرار گیرد شامل موارد زیر باشند:

- معرفی و ترویج اهمیت این زیست‌بوم در جهت پذیرش حاکمیت و جامعه؛
- تعامل بازیگران در راستای شناخت محدودیت‌ها و یافت راهکارهای رفع برخی از چالش‌ها به‌ویژه ملاحظات ا منیتی ؛
- امکان‌سنجی ایجاد زیرساخت‌های فرودگاهی و بهره‌مندی از ظرفیت فرودگاه‌های اقماری؛
- بررسی ظرفیت‌ها در حوزه ارتقای کیفیت و دسترسی سریع به خدمات اجتماعی عمومی و گردشگری هوایی.

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

۸. جمع‌بندی

در سال‌های اخیر، انواع روندها و پیشرفت‌های فناورانه مختلفی در وسایل نقلیه الکتریکی، خودران و نوآوری‌هایی در هوانوردی پیشرفته از جمله طراحی و ساخت هواگردهای عمودبرخاست، مشاهده شده است. این روندها دائماً در حال همگرایی هستند تا بتوانند فرصت‌های جدیدی را برای حمل‌ونقل هوایی برحسب مدل تقاضا برای جابه‌جایی مسافران و تحویل کالا، عملیات و کارکردهای ویژه و خدمات ارزش افزوده فراهم آورند. ازسوی دیگر فرایندگذاری در استفاده از انرژی در سطح جهانی به سمت گذار از سوخت‌های فسیلی و جذب منابع تجدیدپذیر الکتریکی پایدار با استفاده از فناوری‌های جدید ذخیره‌سازی انرژی در حال حرکت است. این تغییرات تأثیری تکاملی بر گزینه‌های خدمات عمومی در سطح جهانی خواهد داشت.

زیست‌بوم سامانه‌های جابه‌جایی هوایی پیشرفته به زیرساخت‌ها، فناوری‌ها و خدماتی اشاره دارد که از عملیات ایمن و کارآمد هوایی پشتیبانی می‌کند. پیشنهاد این زیست‌بوم با عنوان سامانه‌های جابه‌جایی هوایی درون‌شهری از سال ۲۰۱۸ میلادی به‌عنوان یک راه‌حل نوآورانه و کارآمد جهت رفع چالش‌های شهرنشینی مطرح شد و در حال پیاده‌سازی در اقصی نقاط جهان است. این صنعت طیف گسترده‌ای از مفاهیم عملیاتی مانند مأموریت‌های اورژانس پزشکی، تدارکات، یا نظارت را به‌عنوان نمونه خدمات غیر حمل‌ونقل مسافر و اقلام پوشش می‌دهد. این مفاهیم عملیاتی فرصت‌های ورود طیف متنوعی از بازیگران به بازار را به‌منظور تولید و ارائه خدمات فراهم کرده است. در این راستا پیشرفت در عرصه الکترونیک، مخابرات، انرژی‌های نو، ارتباطات، حسگرها و تجزیه‌وتحلیل داده‌ها، همراه با کاهش هزینه‌های زیاد به‌دلیل در دسترس بودن قطعات تجاری با کارایی بالا، فرصت‌های کاملاً جدیدی ایجاد کرده است و ذی‌نفعان مختلفی با پیشینه هوانوردی، فناوری، حمل‌ونقل زمینی و همچنین استارت‌آپ‌هایی که از طریق سرمایه‌گذاری سهام تأمین مالی می‌شوند، به این زیست‌بوم پیوسته‌اند.

تخمین زده می‌شود تا سال ۲۰۴۰ ارزش خدمات ارائه شده در زیست‌بوم سامانه‌های جابه‌جایی هوایی پیشرفته و بازار جهانی آن رقمی بالغ بر ۱.۵ تریلیون دلار باشد. سیر تکامل توسعه فناوری سامانه هوایی پیشرفته و آینده آن را می‌توان در ۶ مرحله (فاز) دسته بندی کرد که در شکل ۱۰ نمایش داده شده است.

شکل ۱۰. سیر تکامل توسعه فناوری سامانه جابه جایی هوایی پیشرفته و آینده آن

مفاهیم خودرو پرنده	• فاز اول: اوایل دهه ۱۹۱۰ تا دهه ۱۹۵۰ • تعاریف مختلف خودرو پرنده توسط برخی مخترعین (بااین‌حال هیچ‌یک به قابلیت تجاری شدن دست نیافتند).
عملیات اولیه UAM با خدمات برنامه‌ریزی شده	• فاز دوم: اوایل دهه ۱۹۵۰ تا اواخر دهه ۱۹۸۰ • ارائه خدمات اولیه سامانه‌های جابه‌جایی هوایی شهری توسط چندین شرکت در برخی شهرهای بزرگ ایالت‌های امریکا با استفاده از بالگرد (به‌دلیل چالش‌های اجرایی و فنی عدیده این صنعت نتوانست ایمنی و افزایش کارایی اقتصادی و عملیاتی پرواز عمودی را توجیه کند).
نوآوری در ارائه خدمات مبتنی‌بر تقاضا	• فاز سوم: دهه ۲۰۱۰ تاکنون (۲۰۲۳) • ظهور خدمات هوانوردی عمومی بر حسب تقاضا در سراسر جهان (این خدمات عمدتاً به‌منظور انتقال اقلام ضروری و اورژانسی و نیز برای جابه‌جایی مسافر بر بستر وب ارائه می‌شود).
خدمات کریدور با استفاده از هواگردهای عمودبرخاست	• فاز چهارم: آینده کوتاه‌مدت تا میان‌مدت (شروع از ۲۰۲۰) • ایجاد و توسعه خدمات برنامه‌ریزی شده در مسیرهای کوتاه با پروازهای مکرر (شاتل هوایی) در مسیرهای هوایی خاص (مثلاً از فرودگاه به مرکز شهر) با استفاده از هواگردهای عمودبرخاست
خدمات قطب و اقماری	• فاز پنجم: آینده میان‌مدت تا بلندمدت • افزایش سرمایه‌گذاری‌های زیرساختی برای حمایت از خدمات از پیش برنامه‌ریزی شده سفرهای درون‌شهری یا بین‌شهری هوایی (مترو هوایی) متشکل از پروازهای متعدد روزانه بین یک هاب عمودبرخاست و چند پایگاه عمودبرخاست (اقمار)
خدمات تاکسی هوایی نقطه‌به‌نقطه	• فاز ششم: آینده بلندمدت • استقرار سامانه ارائه خدمات غیرمتمرکز نقطه‌به‌نقطه و برحسب تقاضا توسط هواگردهای عمودبرخاست (تاکسی هوایی) در سرتاسر یک منطقه مشخص به کمک زیرساخت سکوهای [پرواز] عمودبرخاست متعدد و پایگاه‌های عمودبرخاست کوچک

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

در این گزارش زیست‌بوم سامانه های جابه جایی هوایی پیشرفته از منظر توسعه پایدار در حمل‌ونقل و نیز ابعاد زنجیره ارزش مورد واکاوی قرار گرفته است.

از منظر حمل و نقل پایدار، سامانه‌های جابه‌جایی هوایی پیشرفته را می‌توان به‌عنوان راه‌حلی برای کاهش آثار سوء زیست‌محیطی نظیر آلودگی هوا ناشی از مصرف بالای سوخت‌های فسیلی درنظر گرفت. علاوه‌بر آن، ارائه یکپارچگی در ارائه خدمات و تسهیل و تسریع آنها، پلتفرم متمرکز، بهینه‌سازی کارکرد شهری و استفاده از انرژی‌های پاک از مهمترین ویژگی‌های سامانه‌های جابه‌جایی هوایی پیشرفته است که با برخی شاخص‌های توسعه پایدار نظیر کارآمدی خدمات، تنوع در سیستم‌های حمل‌ونقل، افزایش ایمنی، کاهش استفاده از زمین مناطق متراکم، کاهش آلودگی آب‌وهوا و مصرف سوخت‌های فسیلی در حمل‌ونقل انطباق دارد. اما برخی عوامل همچون موضوع قیمت‌گذاری خدمات در ملاحظه شاخص رعایت عدالت اجتماعی به‌دلیل حجم بالای سرمایه‌گذاری اولیه در ایجاد زیرساخت‌ها و شاخص امکان گسترش خدمات این سامانه به‌دلیل نیاز به بازآرایی سیاست‌ها و رویکردهای معماری شهری و برخی دیگر از ملاحظات (نظیر ملاحظات امنیتی) در کوتاه‌مدت با رویکرد حمل‌ونقل پایدار منطبق نیست و به آینده‌ای میان‌مدت تا بلندمدت نیاز دارد.

با نگاهی به زنجیره ارزش این زیست بوم باید گفت به‌دلیل به‌کارگیری سطح فناوری بالا و آینده‌نگرانه از فاز طراحی مفهومی تا فاز بهره‌برداری، نوع جدیدی از زنجیره ارزش تعریف می‌شود که با زنجیره ارزش مرسوم صنایع هوایی تفاوت‌هایی دارد. می‌توان گفت مهمترین آنها مواردی از قبیل تفاوت در حجم سرمایه‌گذاری اولیه در ایجاد زیرساخت‌ها، تفاوت در شیوه جابه‌جایی هوایی و ظرفیت ارائه خدمات متنوع است. بنابراین چنین زیست‌بوم نوینی بازآرایی متفاوتی نسبت به حالت مرسوم لازم دارد. علاوه‌بر آن در حوزه سرمایه‌گذاری و جذب درآمدهای بازیگران باید گفت که بازیگران زنجیره علاوه‌بر تقسیم درآمد، باید ملاحظات مربوط به برخی از بخش‌ها در امتداد زنجیره ارزش مانند باتری‌ها که نسبت به حجم سرمایه‌گذاری اولیه عایدی نسبتاً کمتری به دست می‌آورند را درک کنند. در بررسی زنجیره ارزش سامانه‌های جابه‌جایی هوایی پیشرفته مشاهده می‌شود بالا بودن هزینه‌های نیروی انسانی و ایمنی پروازی ناشی از قصور انسانی از جمله نگرانی‌های چالش‌برانگیز است و از سوی دیگر، پایین بودن هزینه سامانه‌های پیشرانش و تنوع خدمات جابه‌جایی هوایی از مزیت های آن به‌شمار می‌رود.

ارزش‌آفرینی به‌واسطه ارائه خدمات نوین در عرصه حمل‌ونقل هوایی نیازمند ملاحظه و عملیاتی کردن ظرفیت های حمل و نقل هوشمند است. این امر به کمک ابزارهایی از قبیل فناوری‌های نوظهور، ایمنی سایبری، هوش مصنوعی، یادگیری ماشین و سامانه‌های خودران محقق می‌شود. نمونه‌های کاربردهای آن را می‌توان در در حوزه‌های جابه‌جایی مسافر و کالا، مدیریت ترافیک هوایی و ناوبری، مدیریت داده شامل مسائلی از قبیل مدیریت ناوگان تجاری و زنجیره جابه‌جایی بار، برنامه‌ریزی پویای حمل‌ونقل کالا و مسافر، سامانه‌های نظارتی، پیش‌بینی الگوها براساس هوش مصنوعی مدیریت حریم هوایی و کریدورها، محدویت‌های ورود به مناطق ممنوعه پروازی و کنترل تخلفات مطرح می‌شود که در کاهش هزینه‌های عملیاتی و نیز ارتقای کارآمدی خدمات و ارائه تسهیلات عمومی در راستای رعایت حمل‌ونقل پایدار مؤثر است. خودمختاری و سیستم‌های خودران از جمله رویکردهای آینده‌نگرانه جهت افزایش ایمنی و کاهش هزینه‌های عملیاتی است. علاوه‌بر آن استفاده از سایر ظرفیت‌های انقلاب صنعتی چهارم نظیر استفاده از هوش مصنوعی جهت پیش‌بینی بحران، پشتیبانی مسیریابی وسایل نقلیه امدادی، ارسال اطلاعات سانحه، مدیریت ناوگان خدمات امدادی، سامانه‌های اینترنت اشیا و ارتباط هواگردها که هم‌اکنون بسیاری از آن در خودروهای خودران استفاده می‌شود منجر به افزایش کارایی سیستم‌های حمل‌ونقلی خواهد شد. ازاین‌رو حاکمیت می‌تواند به جهت کاربرد گسترده مؤلفه‌های حمل‌ونقل هوشمند در این زیست‌بوم، از آن به‌عنوان یک حوزه پیشرو و دارای سرریزهای فناورانه ارزشمند بهره‌مند شود.

به طور کلی برخی از مهمترین ظرفیت هایی که زمینه ساز توجه به توسعه سامانه های جابه جایی هوایی پیشرفته در کشور هستند عبارتند از:

- تقویت اشتغال دانش‌بنیان در حوزه صنایع هوایی و امکان حضور در زنجیره ارزش جهانی؛
- افزایش کیفیت و دسترسی به خدمات اجتماعی عمومی نظیر مقابله با بحران و بلایای طبیعی، اورژانس‌های هوایی و سرعت‌بخشی به عملیات‌های اضطراری؛
- تکمیل بخشی از شبکه پروازی داخلی و ارتقای خدمات قطب و اقماری و افزایش بهره‌وری زیرساخت‌های فرودگاه‌های هوانوردی عمومی؛
- ظرفیت‌های قابل توجه در گردشگری هوایی (به‌ویژه ایجاد جاذبه، تسهیل دسترسی به مناطق گردشگری و کاهش زمان حمل‌ونقل برای گردشگران خارجی با هدف ترویج سفر به ایران).

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

وجود دارد کـــه عبارت‌اند از: عـــدم آشـــنایی و اولویت موضوع توسط سیاســـتگذاران؛ عدم شناســـایی مزایا و هزینه فرصت‌ها؛ ملاحظات و ویژگی‌های زیست‌بومی کشور؛ چالش‌های اقتصادی و جذب ســـرمایه؛ چالش‌های فناورانه در سیستم‌های با فناوری بالا؛ ملاحظات معماری شـــهری؛ ملاحظات پذیرش اجتماعی؛ زیرساخت‌های فیزیکی و ارتباطی؛ ملاحظات ایمنی و امنیتی.

ازاین‌رو در وهله اول پیشنهاد می‌شود معرفی و ترویج اهمیت این زیســـت‌بوم در جهت پذیرش حاکمیت و جامعـــه در اولویت قرار گیرد. پس از آن تعامل با بازیگران این حوزه در راســـتای شناخت محدودیت‌ها و حصول رهیافت‌هایی جهت رفع برخی از چالش‌ها به‌ویژه ملاحظات امنیتی انجام شود. از دیگر اقداماتی که در راستای توسعه این زیست‌بوم پیشنهاد می‌شود امکان‌سنجی ایجاد و ارتقای زیرســـاخت‌های فرودگاهی و بهره مندی از ظرفیت فرودگاه‌های اقماری و بررســـی ظرفیت‌ها در حوزه ارتقای کیفیت و دسترسی سریع به خدمات اجتماعی عمومی و گردشگری هوایی است.

منابع و مآخذ

[1] علی اعظمی، مهدی فقیهی، پریسا علیزاده و حسین صدری‌نیا. ساختار و سیاست‌های دولتی در حوزه هوانوردی برزیل (تجربه‌ای برای شرایط پساتحریم و برنامه ششم توسعه):
[Online]. Available: https:// civilica.com/doc/1334506.

[2] A. P. Cohen, S. A. Shaheen and E. M. Farrar, "Urban Air Mobility: History, Ecosystem, Market Potential and Challenges", *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, Vol. 22, No. 9, 2021, doi: 10.1109/TITS.2021.3082767.

[3] P. Colleen Reiche *et al.,* "Urban Air Mobility Market Study", 2018.

[4] A. Harish *et al.,* "Economics of Advanced Thin-Haul Concepts and Operations", in *AIAA Aviation: 16th AIAA Aviation Technology, Integration and Operations Conference*, Washington, D.C, 2016.

[5] R. Zhao, "Service network design for emerging modes in air transport: autonomous airport inter-terminal bus shuttle and air metro: Service network design for emerging modes in air transport: autonomous airport inter-terminal bus shuttle and air metro", UNSW Sydney, 2022. [Online]. Available: https:// unsworks.unsw.edu.au/entities/publication/b0298543-987e-44b0-8d3d-66a6f1f8b457.

[6] McKinsey & Company, "Perspectives on advanced air mobility: Navigating the emerging passenger urban and regional air-mobility industry", 2022. [Online]. Available:https://www.mckinsey.com/~/media/mckinsey/industries/aerospace%20and%20defense/our%20insights/perspectives%20on%20advanced%20air%20mobility/airmobilitypdf.pdf.

[7] M. D. Patterson, K. R. Antcliff and L. W. Kohlman, "A Proposed Approach to Studying Urban Air Mobility Missions Including an Initial Exploration of Mission Requirements", Annual Forum and Technology Display NF1676L-28586, 2018. [Online]. Available: https:// ntrs.nasa.gov/citations/20190000991.

[8] [Cannot display the reference ", because the template "Bibliography - Book, Edited -

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

"Editor" is empty" contains only fields that are empty in this reference.]

[9] S. Candiago, F. Remondino, M. de Giglio, M. Dubbini, and M. Gattelli, "Evaluating multispectral images and vegetation indices for precision farming applications from UAV images", *Remote sensing*, Vol. 7, No. 4, pp. 4026–4047, 2015.

[10]E. S. Dobers, "Unmanned Aerial Vehicles and Geographic Information Systems for Monitoring Cropping Systems", in *Новые методы и результаты исследований ландшафтов в Европе, Центральной Азии и Сибири*, 2018, pp. 426–430.

[11]D. Giles and R. Billing, "Deployment and performance of a UAV for crop spraying", *Chemical engineering transactions*, Vol. 44, pp. 307–312, 2015.

[12]J. Torres-Sánchez, F. López-Granados, N. Serrano, O. Arquero, and J. M. Peña, "High-throughput 3-D monitoring of agricultural-tree plantations with unmanned aerial vehicle (UAV) technology", *PloS one*, Vol. 10, No. 6, e0130479, 2015.

[13]J. Gago *et al.*, "UAVs challenge to assess water stress for sustainable agriculture", *Agricultural water management*, Vol. 153, pp. 9–19, 2015.

[14]M. Reinecke and T. Prinsloo, "The influence of drone monitoring on crop health and harvest size", in *2017 1st International conference on next generation computing applications (NextComp)*, pp. 5–10.

[15]Z. Lin, F. Xie, and S. Ou, "Modeling the External Effects of Air Taxis in Reducing the Energy Consumption of Road Traffic", *Transportation Research Record Journal of the Transportation Research Board*, Vol. 2674, pp. 1–12, 2020, doi: 10.1177/0361198120952791.

[16]Doug Creighton, "Advanced Aerial Mobility and eVTOL aircraft in Australia: Deakin Mobility Series", *Deakin University*, 2020. [Online]. Available: https:// www.deakin.edu.au/__data/assets/pdf_file/0009/2247858/Deakin-University-Mobility-Whitepaper-Advanced-Aerial-Mobility-and-eVTOL-aircraft-in-Australia.pdf.

[17]سید علی سعادت دار آرانی و مهران نصرت‌الهی، «مطالعه اولیه برای بررسی کاربرد ترابری هوایی پیشرفته در ایران»، فناوری در مهندسی هوافضا, 2023, doi: 10.22034/jtae.2023.359807.1266.

[18]Morgan Stanley, *Search | Morgan Stanley*. [Online]. Available: https:// www.morganstanley.com/ideas/autonomous-aircraft (accessed: May 24 1402).

[19]CAMI, "Advanced & Urban Air Mobility Impact and Timing", *Community Air Mobility Initiative*, 2020, 2020. https:// www.communityairmobility.org/resourcefiles/impact (accessed: Jun. 6 1402).

[20]علیرضا جباری‌زاده گان، محمدرضا پورزرگر و ویدا نوروز برازجانی، «بررسی امکان‌سنجی طراحی و پیاده‌سازی ایده پایانه هوایی شهری پایدار Sustainable Urban Air Mobility به‌منظور ارتقای حمل‌ونقل پایدار درون‌شهری»، هشتمین همایش علمی پژوهشی توسعه و ترویج علوم معماری و شهرسازی ایران, 1400. [Online]. Available: https://civilica.com/doc/1431076

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

[21]H. Haghshenas and M. Vaziri, "Urban sustainable transportation indicators for global comparison", *Ecological Indicators*, Vol. 15, No. 1, pp. 115–121, 2012.

[22]امیرعباس رصافی و شیما زرآبادی‌ور. «بررسی توسعه پایدار حمل‌ونقل در ایران با استفاده از تحلیل چندهدفی»، علوم و تکنولوژی محیط زیست، سال یازدهم، شماره دوم، ۱۳۸۸.

[23]اسماعیل پوراشکاء رضا، رمضانیان محمدرحیم، نبی‌زاده ساره، ارزیابی پایداری سیستم‌های حمل‌ونقل شهری (مطالعه موردی: شهر رشت)" (in Fa), vol. 2, no. 8, pp. 17–30, 2014. [Online]. Available: https:// www.sid.ir/paper/240278/fa

[24]مصطفی خزایی، «تحلیل و ارزیابی شاخص‌های حمل‌ونقل پایدار شهری»، جغرافیا و روابط انسانی، vol. 1, no. 3pp 424–436, 2018. [Online]. Available: https:// www.gahr.ir/article_81654_a9b0d18a9e41fc16630f5764e67d10fe.pdf

[25]لعلا جهانشاهلو و الهام امینی، «برنامه‌ریزی شهری و نقش آن در دستیابی به حمل‌ونقل پایدار شهری»، هفتمین کنفرانس مهندسی حمل‌ونقل و ترافیک ایران, 1385. [Online]. Available: https:// civilica.com/doc/12990

[26]A. Bauranov and J. Rakas, "Designing airspace for urban air mobility: A review of concepts and approaches, " *Progress in Aerospace Sciences*, vol. 125, p. 100726, 2021.

[27]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*, p. 3292.

[28]J. Niosi and M. Zhegu, "Multinational corporations, value chains and knowledge spillovers in the global aircraft industry", *Institutions and Economies*, pp. 109–141, 2010.

[29]C. S. Tang, J. D. Zimmerman, and J. I. Nelson, *Managing new product development and supply chain risks: The Boeing 787 case: Supply Chain Forum: An International Journal*: Taylor \& Francis, 2007.

[30]علی اعظمی، حسین افشین، مهدی فقیهی و پریسا علیزاده، گزارش نگاهی به زنجیره ارزش جهانی در صنایع هوافضا (با تأکید بر حوزه هوایی تجاری) *CIVILICA*, 1396, 1396. https:// civilica.com/doc/1333518/ (accessed: مرداد ۱۴۰۲.

[31]Sharon Chan-Edmiston, Stephanie Fischer, Suzanne Sloan, Melissa Wong, "Intelligent Transportation Systems (ITS) Joint Program Office: Strategic Plan 2020–2025," 2020. [Online]. Available: https:// www.its.dot.gov/stratplan2020/ITSJPO_StrategicPlan_2020-2025.pdf.

[32]R. Poua, M. Bastenegar, and A. Mokarami, " Intelligent transportation technology; strategy of facing the basic challenges in this section", " *Quarterly journal of Industrial Technology Development*", Vol. 20, no. 48, pp. 77–94, 2022, doi: 10.22034/jtd.2022.552684.1757.

[33]فاطمه ثقفی، سیده بهاره نبوی و منوچهر منطقی، «تبیین عوامل مؤثر بر شکل‌گیری نظام نوآوری بخشی (مورد مطالعه: هوانوردی عمومی جمهوری اسلامی ایران)» فصلنامه علمی-پژوهشی فرماندهی و کنترل, 2020. vol. 3, no. 3, pp. 79–91, [Online]. Available: http://ic4i-journal.ir/browse.php?a_code=A-10-132-1&slc_lang=fa&sid=1

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

گزیده سیاستی

زیست‌بوم سامانه‌های جابه‌جایی هوایی پیشرفته، ظرفیت‌های نوینی در موضوعات توسعه پژوهش و فناوری، اشتغال دانش‌بنیان، خدمات عمومی، هوانوردی عمومی، گردشگری هوایی و خدمات قطب و اقماری را ارائه می‌دهد.

مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی

تهران، خیابان پاسداران، روبروی پارک نیاوران (ضلع جنوبی، پلاک ۸۰۲)

تلفن: ۷۵۱۸۳۰۰۰ صندوق پستی: ۵۸۵۵-۱۵۸۷۵ پست الکترونیک: mrc@majles.ir

وب‌سایت: rc@majles.ir

Archive of SID.ir