

# واکاوی زیست‌بوم سامانه‌های جابه‌جایی هوایی پیشرفته (هواگردهای نسل جدید)





بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

شماره مسلسل: ۱۹۵۴۶  
کد موضوعی: ۳۱۰



مرکز پژوهش‌های  
مجلس شورای اسلامی

تاریخ انتشار:  
۱۴۰۲/۱۰/۳۰

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

اظهار نظرکنندگان:  
رضا گلشن‌خواص، بهزاد دوستی‌سبزی

گرافیک و صفحه‌آرایی:  
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



## فهرست مطالب

چکیده.....	۶
خلاصه مدیریتی.....	۷
۱. مقدمه.....	۹
۲. مفاهیم، تعریف و ویژگی های مربوط به سامانه های جابه جایی هوایی پیشرفته.....	۱۱
۳. زیست بوم سامانه های جابه جایی هوایی پیشرفته و دور نمای آن.....	۱۵
۴. بررسی سامانه های جابه جایی هوایی پیشرفته از منظر حمل و نقل پایدار.....	۲۲
۵. بررسی سامانه های جابه جایی هوایی پیشرفته از منظر زنجیره ارزش.....	۲۴
۶. بررسی سامانه های جابه جایی هوایی از منظر حمل و نقل هوشمند.....	۲۷
۷. ابران و موضوع توسعه زیست بوم سامانه های جابه جایی هوایی پیشرفته.....	۲۹
۸. جمع بندی.....	۲۸
منابع و مآخذ.....	۳۳

## فهرست جداول

جدول ۱. مفاهیم / عبارات کلیدی و رایج در حوزه هواگرد و سامانه های هوایی.....	۱۱
جدول ۲. مؤلفه های زیرساخت (فرودگاه ها / پایانه های هوایی).....	۱۴
جدول ۳. طبقه بندی براساس ویژگی های عملیاتی.....	۱۴
جدول ۴. برخی از شرکت های تحویل تجهیزات اضطراری و کالاهای مصرفی با استفاده از پهپادهای کوچک.....	۱۷
جدول ۵. برخی از شرکت های جابه جایی مسافر با استفاده از بالگردهای کوچک.....	۱۷
جدول ۶. برخی از شرکت های جابه جایی مسافر با استفاده از هواگردهای عمودبرخاست.....	۱۸
جدول ۷. معیارها و شاخص های حمل و نقل پایدار.....	۲۲
جدول ۸. سامانه های جابه جایی هوایی پیشرفته در انطباق با شاخص های توسعه حمل و نقل پایدار.....	۲۳
جدول ۹. اهمیت ظرفیت های حمل و نقل هوشمند در سامانه جابه جایی هوایی پیشرفته.....	۲۸

## فهرست نمودار

شکل ۱. تفکیک بخش های هوانوردی.....	۱۰
شکل ۲. الگوهای بالقوه برای زیرساخت های حرکت شهری - هوایی.....	۱۳
شکل ۳. سیر تکامل و پیش بینی برخی محصولات هوانوردی پیشرفته.....	۱۹
شکل ۴. وضعیت و پیش بینی توسعه سامانه های جابه جایی هوایی پیشرفته از سال ۲۰۲۱ تا ۲۰۳۵.....	۲۱
شکل ۵. پیش بینی بازار سامانه های جابه جایی هوایی پیشرفته طی ۲۰۱۸-۲۰۴۰ (میلیارد دلار).....	۲۱
شکل ۶. مثالی از یک زنجیره ارزش مرسوم صنایع هوایی.....	۲۵
شکل ۷. رده ها و زیررده های یک زنجیره تأمین مرسوم هوایی.....	۲۵
شکل ۸. شمایی از زنجیره ارزش تجزیه شده یک هواگرد پیشرفته به همراه سهم از کل هزینه های مصرفی در هر بخش.....	۲۶
شکل ۹. اهمیت مجموعه مسائل، چالش ها و محدودیت های پیش روی زیست بوم سامانه های جابه جایی هوایی پیشرفته.....	۳۰
شکل ۱۰. سیر تکامل توسعه فناوری سامانه جابه جایی هوایی پیشرفته و آینده آن.....	۳۱



# واکاوی زیست‌بوم سامانه‌های جابه‌جایی هوایی پیشرفته (هواگردهای نسل جدید)

## چکیده



و سرعت بخشی 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.

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

## بیان / شرح مسئله

برنامه ریزی شده سفرهای درون شهری یا بین شهری هوایی (مترو هوایی) و متعدد روزانه بین یک هاب عمودبرخاست (قطب) و چند پایگاه عمودبرخاست (اقمار)؛ خدمات تاکسی هوایی نقطه به نقطه (به منظور استقرار سامانه ارائه خدمات غیرمتمرکز نقطه به نقطه و برحسب تقاضا توسط هواگردهای عمودبرخاست به کمک زیرساخت سکوهایی [پرواز] عمودبرخاست متعدد و پایگاه های عمودبرخاست کوچک).

در این گزارش توسعه زیست بوم و سامانه های جابه جایی هوایی پیشرفته از منظر توسعه پایدار، زنجیره ارزش و حمل و نقل هوشمند واکاوی شده است.

■ از منظر حمل و نقل پایدار، سامانه های جابه جایی هوایی پیشرفته با ویژگی یکپارچگی در ارائه خدمات و تسهیل و تسریع آنها، بهینه سازی کارکرد شهری و استفاده از انرژی های پاک را می توان به عنوان راه حلی برای کاهش آثار سوء زیست محیطی نظیر آلودگی هواناشی از مصرف بالای سوخت های فسیلی در نظر گرفت. این زیست بوم با برخی دیگر از شاخص های توسعه حمل و نقل پایدار نظیر کارآمدی خدمات، تنوع در سیستم های حمل و نقل، 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 به دلیل حجم بالای سرمایه گذاری اولیه در ایجاد زیرساخت ها و شاخص امکان گسترش خدمات در این سامانه به دلیل نیاز به بازآرایی سیاست ها و رویکردهای معماری شهری و برخی دیگر از ملاحظات (مانند ملاحظات امنیتی) در کوتاه مدت با رویکرد حمل و نقل پایدار منطبق نیست و به آینده ای میان مدت تا بلندمدت نیاز دارد.

■ با نگاهی به زنجیره ارزش این زیست بوم باید گفت مواردی از قبیل تفاوت در حجم سرمایه گذاری اولیه در ایجاد زیرساخت ها، تفاوت در شیوه جابه جایی هوایی و ظرفیت ارائه خدمات در قیاس با زنجیره ارزش مرسوم صنایع هوایی، سبب بازآرایی ساختار زنجیره ارزش آن شده است. همچنین بالا بودن هزینه های

در تعریف کلی، سامانه جابه جایی هوایی پیشرفته شامل توسعه و بهره برداری از طیف وسیعی از هواگردهای جدید با قابلیت عمودبرخاست با پیش رانه متنوع (عمدتاً الکتریکی) است که امکان جابه جایی مسافر و کالا برحسب تقاضا (برنامه ریزی نشده) و همین طور عملیات ویژه هوایی (حوزه های کشاورزی، منابع طبیعی، صنعت، پدافند غیرعامل و خدمات اورژانس) را به صورت ایمن، پاک و کارآمد در پروازهای کوتاه برد و میان برد فراهم می کند. مهمترین اهدافی که در زیست بوم سامانه های جابه جایی هوایی پیشرفته دنبال می شود، ارائه خدمات نوین، متنوع و سریع در یک شبکه عملیات ایمن و کارآمد هوایی به صورت گسترده، پویا و پشتیبانی از پایداری آن است.

با توجه به جدید بودن این زیست بوم 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 حمل و نقل پایدار و هوشمند، معماری شهری، توسعه و انتقال فناوری مدنظر بوده است.

## نقطه نظرات / یافته های کلیدی

این سامانه ها 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 می شود. فازهای آتی شامل سه مورد زیر است:

■ خدمات کریدور با استفاده از هواگردهای عمودبرخاست، با هدف ایجاد و توسعه خدمات برنامه ریزی 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، به منظور ارائه خدمات از پیش



- توسعه پژوهش‌ها و فناوری و تقویت اشتغال دانش‌بنیان در حوزه صنایع هوایی و حضور در زنجیره ارزش.
- در این میان در کشور **مجموعه محدودیت‌هایی** 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 به خصوص ملاحظات ایمنی و امنیتی است. از این رو، **گام‌های پیشنهادی اولیه قبل از تصمیم‌گیری در خصوص پرداخت به این حوزه عبارتند از:**
- تعامل بازیگران در راستای شناخت محدودیت‌ها و دستیابی به گفت‌وگو 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.

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 **ظرفیت‌های حمل‌ونقل 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. از این رو 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 کوچک مقیاس 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 **ظرفیت‌هایی که زمینه‌ساز 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؛
- تکمیل بخشی از شبکه پروازی داخلی و ارتقای خدمات قطب‌اقماری 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)؛

## ۱. مقدمه

### ۱-۱. هوانوردی عمومی و جایگاه هوانوردی پیشرفته در آن

به طور 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<sup>۱</sup> وضع کرده‌اند. هوانوردی عمومی از منظر کاربری شامل بخش‌هایی مانند هوانوردی کسب و کار (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 علاوه بر برآورده کردن نیاز مشتریان به جابه‌جایی کالا، سرریزهای 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<sup>۲</sup> 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



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.

- افزایش بهره‌وری از زیرساخت‌های فرودگاه هوانوردی عمومی،  
- قابلیت‌های اضافی در واکنش در بلایا،  
- کاهش آلاینده‌گی.  
همچنین برنامه‌ریزی سامانه‌های جابه‌جایی هوایی پیشرفته

شکل ۱. تفکیک بخش‌های هوانوردی



مأخذ: [۱].

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.

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 این‌گونه فناوری‌ها را می‌توان در خودروهای برقی جست‌وجو کرد که در

## ۲. مفاهیم، تعریف و ویژگی های مربوط به سامانه های جابه جایی هوایی پیشرفته

مقرون به صرفه و در دسترس برای جابه جایی مسافران، تحویل کالا و خدمات اضطراری در داخل یا عبور از مناطق شهری پیش بینی می کند. همچنین برنامه هایی برای حمل و نقل هوایی بر حسب تقاضا در بازارهای روستایی وجود دارد که گاهی به عنوان سامانه هوایی روستایی<sup>۴</sup> (به عنوان مثال، سم پاشی هوایی محصولات با استفاده از هواگردهای بدون سرنشین و...) شناخته می شود. این سه مفهوم، یعنی سامانه های جابه جایی هوایی پیشرفته، شهری و روستایی ارتباط نزدیکی با بازار حمل و نقل هوایی دارند. مفهوم سفر درون منطقه ای با مسافر محدود، به یک کلاس پیش بینی شده با یک هواپیماهای مسافربری شامل ۴ تا ۹ صندلی اشاره دارد که پروازهای کوتاهی را انجام می دهند و خدمات برنامه ریزی شده و بر حسب تقاضا را بین فرودگاه های کوچک تر ارائه می کنند [۴]. امروزه پیشرفت های فناوریانه اخیر در پیشرفته الکترونیکی، اتوماسیون و حسگر به طراحی و ساخت مدل های نوین هواگرد و به تبع آن توسعه زیرساخت ها و مدیریت ترافیک هوایی آن کمک کرده است. در جدول ۱ اصطلاحات پر کاربرد و مفاهیم کلیدی مرتبط با سامانه های جابه جایی هوایی تعریف شده است.

در سال های اخیر، انواع پیشرفت های فناوریانه در وسایل نقلیه الکترونیکی، خودران و عمودبرخاست،<sup>۱</sup> نوآوری هایی را در هوانوردی پیشرفته، از جمله طراحی، ارائه خدمات و مدل های تجاری جدید هواپیما پدید آورده است. این روندها دائماً در حال همگرایی هستند تا بتوانند فرصت های جدیدی را برای حمل و نقل هوایی بر حسب مدل تقاضا برای جابه جایی مسافران و تحویل کالا در مناطق شهری فراهم آورند [۳]. مجموع این نوآوری ها در حوزه سامانه های جابه جایی هوایی با عنوان سامانه هوایی پیشرفته<sup>۲</sup> شناخته می شود. این عنوان مفهوم گسترده تری ارائه می دهد که بر بازارهای هوانوردی در حال ظهور تمرکز دارد و موارد استفاده آن برای حمل و نقل هوایی بر حسب تقاضا (برنامه ریزی نشده) در جوامع شهری، حومه و روستایی است. سامانه هوایی پیشرفته شامل موارد استفاده محلی با شعاع هشتماد کیلومتری در مناطق روستایی یا شهری و موارد استفاده درون منطقه ای تا چند صد کیلومتر است که در داخل یا بین مناطق شهری و روستایی رخ می دهد. سامانه هوایی شهری<sup>۳</sup> که زیرمجموعه ای از سامانه هوایی پیشرفته است، یک سیستم حمل و نقل هوایی ایمن، پایدار،

جدول ۱. مفاهیم / عبارات کلیدی و رایج در حوزه هواگرد و سامانه های هوایی

ردیف	مفهوم / عبارت	تعریف
<b>مفاهیم کلیدی</b>		
۱	جابه جایی هوایی روستایی	یک سامانه حمل و نقل ایمن، پایدار، مقرون به صرفه و قابل دسترسی برای جابه جایی مسافران، تحویل کالا و خدمات اضطراری در داخل یا عبور از مناطق روستایی و برون شهری را شامل می شود؛ سامانه جابه جایی هوایی روستایی ممکن است با سامانه جابه جایی هوایی شهری هم پوشانی داشته باشد، به خصوص در مواردی که پرواز در ارتفاع پایین انجام شود.
۲	جابه جایی هوایی شهری	سامانه جابه جایی هوایی شهری مجموعه ای از هواگردها را، با نیروی پیش ران متنوع (به عنوان مثال، باتری الکترونیکی، هیدروژنی، هیبریدی یا فسیلی)، طراحی، فناوری، ظرفیت، دامنه، خودکاری و سازگاری با زیرساخت های موجود، در بر می گیرد. این سامانه شامل حمل و نقل هوایی ایمن، پایدار، مقرون به صرفه و قابل دسترسی برای جابه جایی مسافران، تحویل کالا و خدمات اضطراری در داخل یا در حال عبور از کلان شهرها می شود. همچنین ممکن است با حمل و نقل هوایی روستایی هم پوشانی داشته باشد.
۳	جابه جایی هوایی پیشرفته	سامانه جابه جایی هوایی پیشرفته مفهوم گسترده سامانه های جابه جایی هوایی شهری و روستایی است. سامانه هوایی پیشرفته شامل موارد استفاده محلی با شعاع حدود هشتماد کیلومتری (۵ مایل) در مناطق روستایی یا شهری و موارد استفاده درون منطقه ای تا چند صد کیلومتر است که در داخل یا بین مناطق شهری و روستایی رخ می دهد. موارد استفاده آن برای حمل و نقل هوایی بر حسب تقاضا (برنامه ریزی نشده) در جوامع شهری، حومه و روستایی است. به عبارت دیگر، سامانه جابه جایی هوایی پیشرفته شامل توسعه و بهره برداری از طیف وسیعی از هواگردهای جدید با قابلیت عمودبرخاست است که امکان جابه جایی مسافر و کالا بر حسب تقاضا (برنامه ریزی نشده) و همین طور عملیات ویژه هوایی (حوزه های کشاورزی، منابع طبیعی، صنعت، پدافند غیرعامل و خدمات اورژانس) به صورت ایمن، پاک و کارآمد در پروازهای کوتاه برد و میان برد فراهم می کند. همچنین می تواند 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



ردیف	مفهوم / عبارت	تعریف
<b>هواگرد و سامانه‌های هوایی</b>		
۴	هواگرد <sup>۱</sup>	هر نوع وسیله حمل و نقل هوایی (اعم از پهپاد، بالن هوایی، بالگرد، هواپیما و ...) که بر اثر عمل دینامیکی هوا بر سطح آن یا به کمک نیروی پیش‌ران خود حرکت کند.
۵	نشست و برخاست باند کوتاه <sup>۲</sup>	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 <sup>۳</sup>	هواگردهای کوچک بدون سرنشین و مؤلفه‌های مرتبط با آن (شامل لینک‌های ارتباطی و اجزای کنترل‌کننده هواگردی کوچک بدون سرنشین) که بر ای عملیات ایمن و کارآمد هواگردهای بدون سرنشین کوچک در یک حریم هوایی <sup>۴</sup> سرزمینی مورد نیاز است.
۸	پرنده هدایت‌پذیر از راه دور - پهپاد <sup>۵</sup>	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 مسافرائی را حمل کنند که توانایی مداخله در عملیات هواگرد را ندارد. اصطلاح سیستم هواگرد بدون سرنشین <sup>۶</sup> 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 <sup>۷</sup>	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 مسافرائی را حمل کنند که توانایی مداخله در عملیات هواگرد را نداشته باشند.
۱۰	هواگرد عمودبرخاست / پرواز <sup>۸</sup>	هواگردی که می‌تواند به صورت 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.
<b>زیرساخت (فرودگاه‌ها / پایانه‌های هوایی)</b>		
۱۱	سکوی [پرواز] عمودبرخاست <sup>۹</sup>	یک سکوی فرود و جایگاه پارکینگ که برای یک هواگرد پارک شده در نظر گرفته شده باشد.
۱۲	فرودگاه / پایگاه عمودبرخاست <sup>۱۰</sup>	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 <sup>۱۱</sup>	دو یا چند سکوی فرود با پارکینگ برای چندین هواگرد در نظر گرفته شده باشد.
<b>مدیریت ترافیک و حریم هوایی</b>		
۱۴	سیستم‌های ناوبری هواگردهای بدون سرنشین و مدیریت ترافیک هوایی <sup>۱۲</sup>	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 <sup>۱۳</sup> (خدمات مکان‌یاب است که به محض ورود هر شیء به یک مکان معین، عملیات خاصی انجام می‌دهد. این عملیات یا عکس العمل 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 ندارد؛ 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

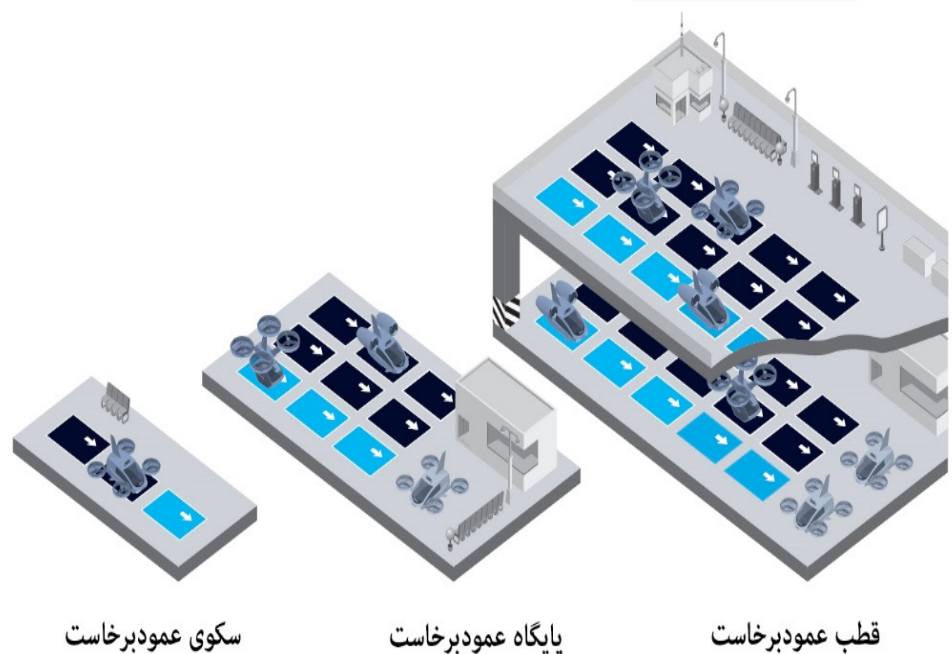
تعریف	مفهوم / عبارت	ردیف
سایر تعاریف		
خدمت شاتل هوایی عبارت از یک خدمت هواپیمایی برنامه ریزی شده است که توسط هواپیما انجام می شود و معمولاً مسیرهای کوتاه با پروازهای مکرر را پوشش می دهد. در این مدل معمولاً زمان سفر کمتر از یک ساعت است.	شاتل هوایی <sup>۱</sup>	۱۵
مترو هوایی نوعی سرویس از پیش برنامه ریزی شده در حمل و نقل هوایی شهری است که مسافران را برای سفرهای درون شهری یا بین شهری در خود جای می دهد.	مترو هوایی <sup>۲</sup>	۱۶

مأخذ: [۵، ۶].

۲ آمده است. برآوردها نشان می دهد به طور کلی هزینه عملیاتی احداث یک قطب عمودبرخاست (با تجهیزات تولید شده در آمریکا) حدود ۱۵ تا ۱۷ میلیون دلار است. پیش بینی می شود در فضای رقابتی و همکاری بین کشورها و حضور چین در بازار این حوزه، هزینه تمام شده احداث فرودگاهی سامانه های جابه جایی هوایی پیشرفته در سال های آتی کاهش چشمگیری یابد.

وسایل نقلیه پرنده برای ارائه خدمات پایدار به مکان هایی برای نشست و برخاست، دریافت تعمیرات، شارژ باتری ها و / یا سوخت گیری و پارک نیاز دارند. این زیرساخت می تواند 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 مؤلفه های مختلفی دارد که در جدول

شکل ۲. الگوهای بالقوه برای زیرساخت های حرکت شهری - هوایی



مأخذ: [۶].

1. Air Shuttle  
2. Air Metro



جدول ۲. مؤلفه‌های زیرساخت (فرودگاه‌ها / پایانه‌های هوایی)

مؤلفه	قطب عمودبرخاست	پایگاه عمودبرخاست	سکوی عمودبرخاست
ابعاد (متر)	۱۲۲×۵۳ <sup>۱</sup> (دو طبقه)	۲۷۰×۳۰	۳۰×۱۸
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].

هوانوردی فدرال ایالات متحده،<sup>۴</sup> هر یک از این سامانه‌ها برحسب تعداد کاربران و سطوح مختلف خدمات، دارای مقررات عملیاتی مشخصی است.

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

جدول ۳. طبقه‌بندی براساس ویژگی‌های عملیاتی

ردیف	مدل و توصیف عملیاتی	نفرات کاربران	مقررات عملیاتی FAA
۱	مدل سرویس خصوصی <sup>۵</sup> 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.	۶-۱	بخش ۹۱
۲	تاکسی هوایی <sup>۶</sup> یک خدمت (سرویس) درخواستی است که در آن یک کاربر یا گروهی از کاربران یک هواگرد را به صورت یک جا برای یک چرخه پرواز رزرو کرده و مبدأ، مقصد و زمان پرواز را تعیین می‌کنند.	۴-۱	بخش ۱۳۵
۳	اشتراک هوایی <sup>۷</sup> 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.	۶-۳	بخش ۱۳۵
۴	رفت‌وآمد نیمه برنامه‌ریزی شده <sup>۸</sup> 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.	۱۹-۶	بخش ۱۳۵
۵	رفت‌وآمد برنامه‌ریزی شده <sup>۹</sup> با ارائه پروازهای مکرر در امتداد مسیر(های) یکسان در یک سرویس برنامه‌ریزی شده، خدمات مورد تقاضا را ارائه می‌دهد.	۱۹-۶	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

رفت و آمد و بر حسب تقاضا نظارت می‌کند. به طور کلی، هر یک از این بخش‌ها دارای الزاماتی برای مجوز خلبانی، تعمیر و نگهداری هواپیما، وظایف خدمه، بیمه و سایر الزاماتی هستند که به منظور فعالیت قانونی در آمریکا باید رعایت شوند. این طبقه‌بندی می‌تواند برای حوزه خدمات براساس مقررات عملیاتی موجود، بار مسافر و فرکانس و انعطاف‌پذیری پروازها به کار برده شود [۲].

به عنوان مثال در آمریکا، منظور از مقررات عملیاتی این سامانه‌ها، مقررات اداره هوانوردی فدرال ایالات متحده است که بر کلیه فعالیت‌های هوانوردی در ایالات متحده حاکم است. بخش ۹۱ قوانین کلی عملیات و پرواز را برای هواپیماهای کوچک غیر تجاری در داخل ایالات متحده ارائه می‌دهد. بخش ۱۲۱ شرکت‌های هواپیمایی برنامه‌ریزی شده (به عنوان مثال، خطوط هوایی) را تنظیم می‌کند. بخش ۱۳۵ عمدتاً بر عملیات

### ۳. زیست بوم سامانه‌های جابه‌جایی هوایی پیشرفته و دورنمای آن

■ 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 سامانه‌های جابه‌جایی هوایی پیشرفته به عنوان یک زیست بوم از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است، گستردگی این زیست بوم است؛ به طوری که در آن، ذی‌نفعان متعددی در سطوح مختلف از طراحی و توسعه تا پیاده‌سازی و اجرای سرویس‌های حمل و نقل، دخیل خواهند بود. به عبارت دیگر، حمل و نقل هوایی درون‌شهری به عنوان یک زیست بوم، یک سیستم یکپارچه از فعالیت‌های مرتبط با توسعه، بهره‌برداری و خدمت‌رسانی است که اجزای آن به شکل ایمن، پایدار و بهینه با هم همکاری می‌کنند [۸]. با توجه به این مطالب، زیست بوم 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 (به عنوان مثال، طرح‌های بدون بال، روتور کرافت الکتریکی، هواپیماهایی که از هر یک از رانشگرهای 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، مانند 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 به طور جزئی یا کامل براساس مقررات اداره هوانوردی فدرال ایالات متحده و فرایندهای بین‌المللی تعیین می‌شود)؛

زیست بوم سامانه‌های جابه‌جایی هوایی پیشرفته به زیرساخت‌ها، فناوری‌ها و خدماتی اشاره دارد که از عملیات ایمن و کارآمد حمل و نقل هوایی پشتیبانی می‌کند. زیست بوم 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 مشاهده کرد که توانسته است فرصت‌های نوینی برای حمل و نقل هوایی ایمن، پایدار، مقرون به صرفه و در دسترس برای جابه‌جایی مسافران، تحویل کالا و خدمات اضطراری در داخل و یا در حال عبور از کلان‌شهرها ایجاد کند [۲]. پیشنهاد زیست بوم سامانه‌های جابه‌جایی هوایی درون‌شهری که یکی از مهمترین جنبه‌های سامانه‌های جابه‌جایی هوایی پیشرفته است، از سال ۲۰۱۸ به عنوان یک راه‌حل نوآورانه 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 زیست بوم سامانه هوایی درون‌شهری، زیست بومی گسترده و پویا با هدف حمل و نقل 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 خدمت‌رسانی در محیط‌های شهری معرفی شده و قابلیت رشد در تمام ابعاد زیرساختی، فناوری، اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی را داراست. این زیست بوم نه تنها از نقطه نظر 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].

پیشران‌هایی که تقاضا برای جابه‌جایی هوایی در زیست بوم سامانه‌های جابه‌جایی هوایی پیشرفته را تشدید می‌کند، عبارتند از:



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 برنامه‌ریزی 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 عمودپر خاست 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 عمودپر خاست را ساخت. این هواگردها به شکل بشقاب پرنده 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:

■ **سامانه‌های جابه‌جایی 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 به شدت 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 در برمی‌گیرد. 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.

■ ویژگی‌های ارائه خدمات یا موارد استفاده (مانند خدمات هوایی برنامه‌ریزی شده، نیمه برنامه‌ریزی 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 جابه‌جایی هوایی پیشرفته و چشم‌انداز 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 عمودپر خاست (به کمک هواگردهای عمودپرواز) (شروع از دهه ۲۰۲۰)؛
۵. خدمات قطب و اقمار (آینده میان مدت - 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،<sup>۱</sup> 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. با این حال، این هواگرد که به شکل بشقاب پرنده بود، مشکلات رانش و پایداری داشت و در نهایت در سال ۱۹۶۱ لغو شد. اولین نمونه هواگرد عمودپر خاست نیز در سال ۱۹۵۰ برای استفاده نظامی توسط دولت کانادا تأمین

1. CAA

- پرواز بر فراز شهر و فراتر از خط دید خلبان،  
عملیات شبانه،  
- فناوری های تشخیص و اجتناب،  
- قابلیت اطمینان و امنیت پیوندهای داده بین خلبان و هواگرد.

شرکت های فعال در این حوزه همواره در حال ارزیابی مجموعه ای  
از مفاهیم عملیاتی هستند از جمله:  
- تحویل بسته (هم برای کالاهای مصرفی و هم برای لوازم  
پزشکی)،

#### جدول ۴. برخی از شرکت های تحویل تجهیزات اضطراری و کالاهای مصرفی با استفاده از پهپادهای کوچک

ردیف	شرکت	عملیات
۱	زیپ لاین ایترنشال <sup>۱</sup>	تحویل خون، واکسیناسیون و دارو در رواندا و غنا از طریق پهپاد
۲	پست ماترنت - سوئیس <sup>۲</sup>	یک سرویس تحویل از نوع هواگرد بدون سرنشین برای نمونه های آزمایشگاهی
۳	مدرونا <sup>۳</sup>	تحویل اضطراری نمونه های اورژانسی و آزمایشی پزشکی
۴	سوئوپ آئرو <sup>۴</sup>	تحویل اضطراری نمونه های اورژانسی و آزمایشی پزشکی

مأخذ: [۲].

حاضر متمرکز بر ارتقای این خدمت در قالب سامانه ای است که در  
جابه جایی درون شهری مسافران به کار برده می شود. چند نمونه  
از شرکت های معتبر جهانی و خدماتی که از طریق سامانه های  
جابه جایی هوایی پیشرفته ارائه می کنند در جدول ۵ ارائه شده است.

■ سامانه های جابه جایی هوایی پیشرفته برای جابه جایی  
مسافران: در اوایل دهه ۲۰۱۰، خدمات هوانوردی مبتنی بر این  
تقاضا به بازار وارد شدند. در ابتدا عملیات برای پروازهایی با ظرفیت  
کم بین شهری و توسط بالگردهای کوچک طراحی شد و در حال

#### جدول ۵. برخی از شرکت های جابه جایی مسافر با استفاده از بالگردهای کوچک

ردیف	شرکت	عملیات
۱	بلید <sup>۵</sup>	ارائه خدمات بالگرد از طریق یک برنامه تلفن هوشمند، شروع از سال ۲۰۱۴
۲	اسکای رایید <sup>۶</sup>	پل ارتباطی مسافران با خلبانان بالگردهای خصوصی
۳	اسکای رایس <sup>۷</sup>	ارائه خدمات توسط هواگردهای نیمه خودران، شروع از سال ۲۰۱۹
۴	اوبر کوپتر <sup>۸</sup>	ارائه خدمات بالگرد برحسب تقاضا ذیل شرکت اوبر؛ شروع از سال ۲۰۱۶
۵	اورگان هلیکوپترز <sup>۹</sup>	یک سرویس برحسب تقاضا برای جابه جایی مسافران از مکان های شخصی به مرکز شهر؛ شروع از ۲۰۲۰
۶	ووم <sup>۱۰</sup>	(شرکت ذیل ایرباس) ارائه خدمات بالگرد جابه جایی 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



زمانی مختلف می‌توانند رشد یک محصول را به صورت 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 زیرکشت) 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 مادون قرمز، توسط پهپادها می‌توان به شناسایی این موارد پرداخت [۱۴].

#### فاز چهارم (کوتاه‌مدت - میان‌مدت): خدمات کریدور با استفاده از هواگردهای عمودبرخاست

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].

در این فاز علاوه بر 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 سه‌بعدی 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:** به منظور 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 به واسطه ارائه تصاویر در سری‌های

جدول ۶. برخی از شرکت‌های جابه‌جایی 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	مونبخ، اورلاندو و سایر شهرها	۲۰۲۴-۲۰۲۵

مأخذ: [۲].

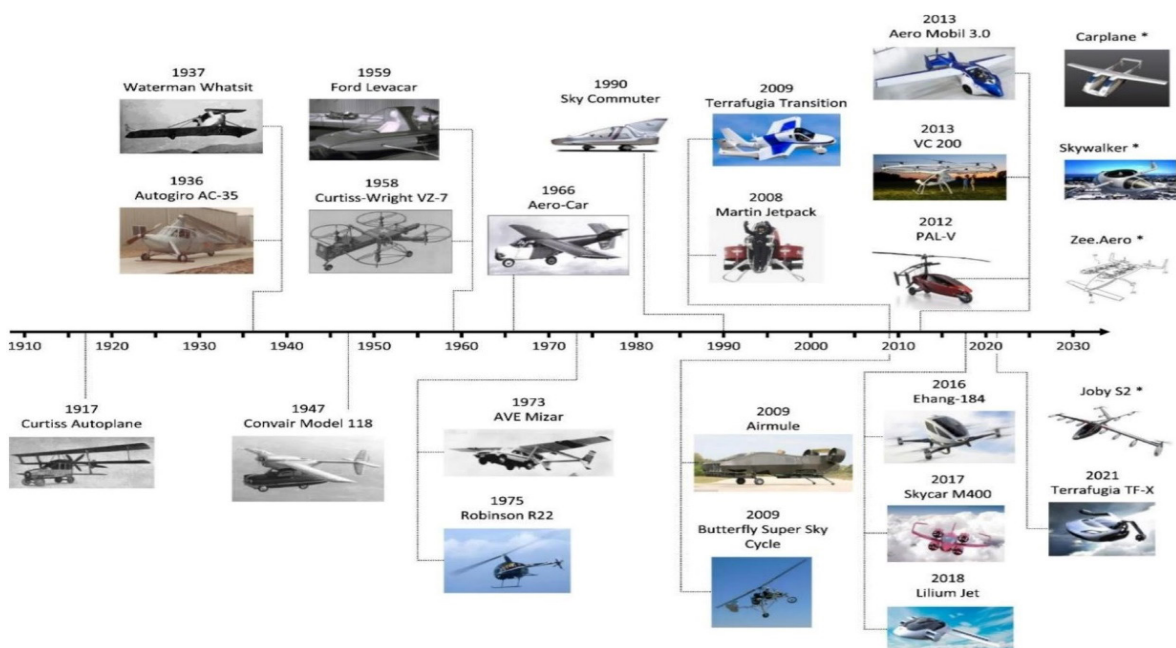
به الگوهای چنین سفرهای هوایی کمک کنند. این پیشرفت های بالقوه در بازار احتمالاً باید توسط پیشرفت های تکنولوژیکی مانند قیمت گذاری پویا و الگوریتم های پیشرفته برای کاهش بدون سرنشین بودن، ظرفیت بهبود یافته باتری، کاهش زمان شارژ و بهبود UTM پشتیبانی شود.

**فاز ششم (بلندمدت): خدمات تاکسی هوایی نقطه به نقطه<sup>۲</sup>**  
توسعه زیست بوم سامانه هوایی پیشرفته و شهری با ورود خدمات تاکسی هوایی به اوج خود می رسد که با استفاده از اندازه و کیفیت زیرساختی مختلف، بسته به تراکم شهری و تقاضای پرواز، خدمات تقریباً نقطه به نقطه و برحسب تقاضا ارائه خواهد شد. با این حال، خدمات نقطه به نقطه واقعی با استفاده از هواگرد در مناطق شهری ممکن است به دلیل زیرساخت ها و محدودیت های ظرفیت، قابلیت اطمینان ناشی از آب و هوا و نگرانی در مورد آلودگی صوتی، ایمنی، ترافیک هوایی و سایر آثار مرتبط با عملیات پراکنده و مقیاس پذیر، در بازه زمانی کوتاه مدت از نظر فنی امکان پذیر نباشد. از این رو اجرای آن نیازمند برنامه ریزی بلندمدت است.  
در شکل ۳ فرایند تکامل سامانه های جابه جایی هوایی پیشرفته و پیش بینی آینده آن نمایش داده شده است.

همچنین برخی دیگر از شرکت ها با سرمایه گذاری کلان و جدول زمانی نامعلوم<sup>۱</sup> نیز احصا شده که در جدول اشاره نشده است.

**فاز پنجم (میان مدت - بلندمدت): خدمات قطب و اقماری<sup>۲</sup>**  
تکامل این سامانه در فاز پنج ممکن است افزایش سرمایه گذاری های زیرساختی برای حمایت از «خدمات متروی هوایی» را تجربه کند؛ زیرا در این مدل هزینه پروازها کاهش می یابد و پذیرش جامعه ممکن است به عامل جریان ساز تبدیل شود. این خدمات می تواند شامل پروازهای متعدد روزانه بین یک قطب عمودبر خاست و چند پایگاه عمودبر خاست عملیات قطب و اقماری در یک شبکه شهری باشد. همان طور که قبلاً بیان شد، مترو هوایی نوعی سرویس از پیش برنامه ریزی شده در حمل و نقل هوایی شهری است که مسافران را برای سفرهای درون شهری یا بین شهری در خود جای می دهد. برای مثال، پایگاه عمودبر خاست ممکن است در مراکز تجاری متراکم و فرودگاه عمودی واقع در سراسر مناطق مسکونی با تراکم پایین تر مورد استفاده قرار گیرد. پروازها ممکن است در فواصل منظم در طول روز برنامه ریزی شوند. با این حال، الگوهای کاربری زمین، تقاضا و سفر نیز می توانند

شکل ۳. سیر تکامل و پیش بینی برخی محصولات هوانوردی پیشرفته



مأخذ: [۱۵].

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



## ۲-۳. الزامات و دورنمای جهانی زیست‌بوم سامانه‌های جابه‌جایی هوایی پیشرفته

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. با این حال، 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 عمودبرخاست الکتریکی و بازار جهانی این هواپیماها نزدیک به ۱.۵ تریلیون دلار تخمین زده می‌شود [۱۶]. با بلوغ فناوری‌های پرنده‌های عمودبرخاست الکتریکی، انتظار می‌رود بازار خدمات جابه‌جایی هوایی پیشرفته به‌طور قابل توجهی رشد کند.

با این حال، 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. هر چند در دید کلان باید گفت، برای سازندگان و اپراتورهای هواپیماهای 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.

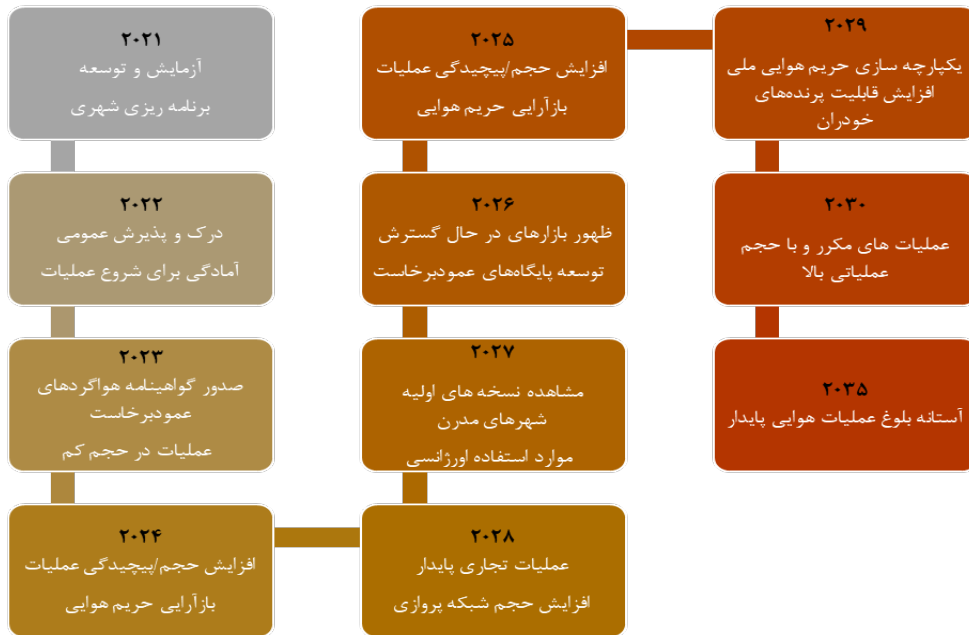
با توجه به اهمیت موضوع تجاری‌سازی زیست‌بوم سامانه هوایی پیشرفته به‌منظور تضمین بازار آینده، این نکته قابل ملاحظه است که با بررسی چشم‌انداز جهانی، رشد بازار حمل‌ونقل هوایی پیشرفته به‌طور متوسط بین ۱۰۰ میلیارد دلار تا ۱,۵ تریلیون دلار تا سال ۲۰۴۰ تخمین زده شده است و پیش‌بینی صعودی‌تر، حجم بازار را به میزان 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، انگیزه‌های 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 به شرح 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.

شکل ۴. وضعیت و پیش‌بینی توسعه سامانه‌های جابه‌جایی هوایی پیشرفته از سال ۲۰۲۱ تا ۲۰۳۵

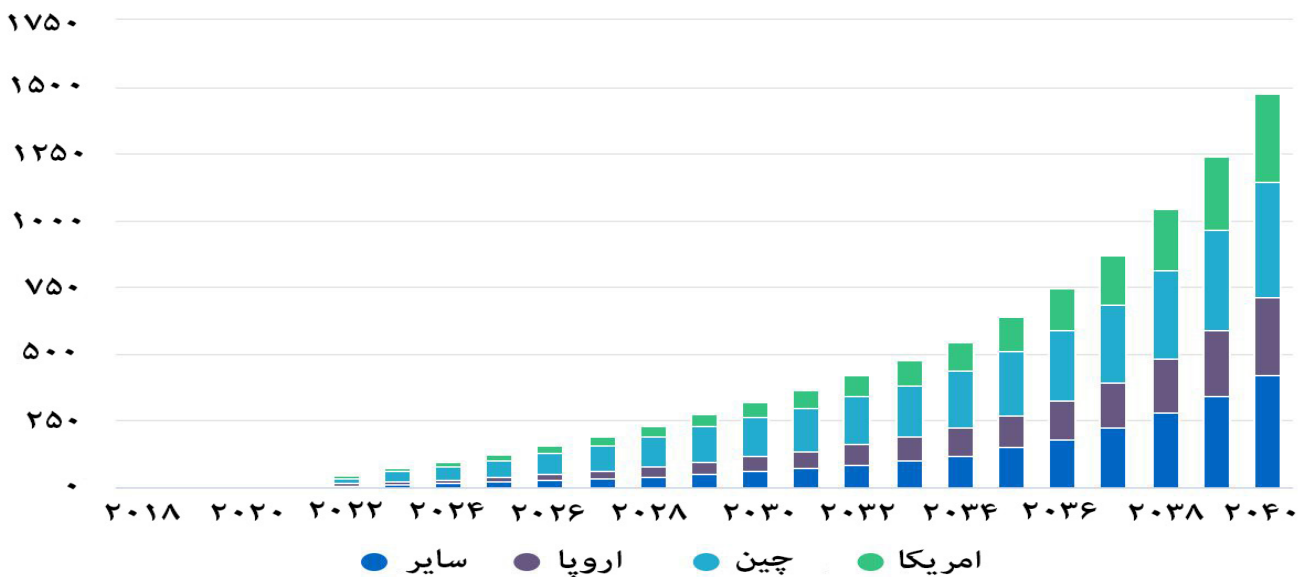


مأخذ: [۱۹].

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

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

شکل ۵. پیش‌بینی بازار سامانه‌های جابه‌جایی هوایی پیشرفته طی ۲۰۱۸-۲۰۴۰ (میلیارد دلار)



مأخذ: [۱۸].



## ۴. بررسی سامانه‌های جابه‌جایی هوایی پیشرفته از منظر حمل و نقل پایدار

می‌رساند [۲۰، ۲۱].

سیستم و فعالیت حمل و نقل 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 حمل و نقل 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].

### ۴-۱. توسعه حمل و نقل پایدار و اهمیت آن

مرکز حمل و نقل پایدار<sup>۱</sup> یک سیستم حمل و نقل پایدار را سیستمی تعریف کرده است که:

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

■ قابل اجراست، به‌طور مؤثر عمل می‌کند، گزینه‌های حمل و نقل 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 غیر قابل 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

جدول ۷. معیارها و شاخص‌های حمل و نقل پایدار

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

مأخذ: [۲۰، ۲۳، ۲۴].

1. Center for Sustainable Transportation (CST)

شامل مجموعه ای از قوانین، رویه ها و اقداماتی است که حمل و نقل هوایی محموله ها و مسافران را در محیط شهری امکان پذیر می کند؛ به نحوی که مسافران و محموله ها را با وسایل نقلیه هوایی الکتریکی جدید (سبز) در مناطق مختلف جغرافیایی جابه جا کند [۲۶].

همان طور که بیان شد، یکی از دغدغه های جهان امروز در بحث توسعه پایدار، استفاده بی رویه از منابع انرژی تجدیدناپذیر و فسیلی به منظور جابه جایی درون شهری است. این امر ضرورت به کارگیری حمل و نقل پایدار را افزایش داده است. سامانه های هوایی پیشرفته را می توان به عنوان راه حلی برای کاهش اثرات منفی زیست محیطی نظیر آلودگی هوا در نظر گرفت. برخی ویژگی های سامانه های جابه جایی هوایی پیشرفته که الزامات توسعه پایدار را برآورده می کنند در جدول ۸ آمده است. باید گفت ارائه یکپارچگی در ارائه خدمات و تسهیل و تسریع آنها، پلتفرم متمرکز، بهینه سازی کارکرد شهری و استفاده از انرژی های پاک از مهمترین ویژگی های سامانه های جابه جایی هوایی پیشرفته است که با برخی شاخص های توسعه پایدار در حمل و نقل انطباق دارد.

امروزه حدود ۳۰ درصد انرژی مصرفی جهانی صرف حمل و نقل های درون شهری و بین شهری می شود. از این رو، کاهش تبعات سوء حمل و نقل مانند مصرف بالای انرژی حاصل از منابع تجدیدناپذیر و آلودگی یکی از موضوعات اصلی مورد توجه در مقوله پایداری حمل و نقل است. یک سیستم حمل و نقل پایدار نیازمند فعالیت هایی و رای کنترل آلودگی هوا و ترافیک یا کاهش مصرف سوخت است. بررسی ها نشان داده که هیچ راه منفرد جهانی برای حل معضل حمل و نقل وجود ندارد و رفع چنین مشکلی نیازمند یک سازوکار جامع، پویا و مطمئن است. واقعیت این است که وضعیت جابه جایی مردم در جوامع امروز نامطلوب است و بدون اقدامات اصلاحی و پیشگیرانه، بدون شک در آینده ای نزدیک تبدیل به بحران خواهد شد. بنابراین هم کشورهای توسعه یافته و هم کشورهای در حال توسعه، ناگزیرند به سمت مدیریت پایدار حمل و نقل حرکت کنند و برای حل معضلات ترافیکی در شهرها باید مبانی و اصول حمل و نقل پایدار را به منزله مرکز ثقل برنامه های آتی مدنظر قرار داد [۲۰، ۲۵].

**۲-۴. توسعه حمل و نقل پایدار از منظر سامانه های جابه جایی هوایی پیشرفته**  
توسعه پایدار از منظر سامانه های جابه جایی هوایی پیشرفته

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

ویژگی	مشخصات	انطباق با شاخص های توسعه حمل و نقل پایدار
ارائه خدمات یکپارچه و هماهنگ	اتوماسیون کامل پرواز به معنای عدم نیاز به خلبان حاضر در وسیله پرنده است. در حالی که مسافران ملزم به داشتن هیچ گونه مهارت یا مدرک خلبانی نیستند. سفارش و پرداخت خدمات همه به صورت برخط از طریق برنامه های تلفن همراه انجام می شود. این امر می تواند با کاهش چشمگیر هزینه های کارکنان، کارایی را افزایش دهد.	■ کاهش هزینه های عملیاتی اجرای سیستم حمل و نقل ■ کارآمدی خدمات و تسهیلات حمل و نقل
تسهیل و تسریع بخشی در ارائه خدمات	در مقایسه با حمل و نقل زمینی سنتی، سامانه های جابه جایی هوایی شهری با توجه به اینکه به افراد و کالاهای امکان می دهد تا در بالای یک شهر در مسیرهای هوایی مستقیم حرکت کنند به تسهیل و کارآمدسازی جابه جایی ها کمک خواهد کرد.	■ کارآمدی خدمات و تسهیلات حمل و نقل ■ تنوع در سیستم های حمل و نقل
پلتفرم متمرکز	یک سامانه های جابه جایی هوایی شهری با پشتیبانی از یک پلتفرم متمرکز و با استفاده از خلبان خودکار می تواند خطر تصادفات را کاهش دهد و از روان و منظم بودن تردد در تمام ساعات روز و شب اطمینان حاصل کند.	■ کاهش زیان های ناشی از تصادفات ■ ایمنی سیستم حمل و نقل در برابر سوانح، سرقت و خرابکاری
بهینه سازی	سامانه های جابه جایی هوایی شهری اتلاف منابع را در درازمدت کاهش می دهند. همچنین مشکل پارکینگ و زمین های بایر را برطرف می کند که مشکل بسیاری از کلان شهرهاست.	■ کاهش استفاده از زمین برای احداث و توسعه زیرساخت های سیستم حمل و نقل
انرژی سبز	وسایل نقلیه سامانه های جابه جایی هوایی شهری با نیروی برقی سازگار با محیط زیست، بدون آلودگی، مزیت فوق العاده ای نسبت به اکثر وسایل نقلیه زمینی و هوایی فعلی دارند که همچنان با سوخت های فسیلی کار می کنند.	■ کاهش آلودگی آب و هوا ■ کاهش استفاده از سوخت های فسیلی

مأخذ: [۲۰، ۲۷].



پرداخته شده، چالش هزینه‌های اجرای طرح به دلیل حجم بالای سرمایه‌گذاری اولیه در ایجاد زیرساخت‌هاست. همچنین شاخص «امکان گسترش سرویس سیستم حمل‌ونقل در صورت نیاز» نیز به دلیل نیاز به بازآرایی سیاست‌ها و رویکردهای معماری شهری و برخی دیگر از ملاحظات (مانند ملاحظات امنیتی) به آینده‌ای میان‌مدت تا بلندمدت نیاز دارد.

از طرفی برخی عوامل در مسیر تکامل سامانه‌های جابه‌جایی هوایی پیشرفته وجود دارد که به نظر 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

## ۵. بررسی سامانه‌های جابه‌جایی هوایی پیشرفته از منظر زنجیره ارزش

### ۵-۱. زنجیره ارزش مرسوم در صنایع هوایی

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 پایین دست، 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 تأمین کنندگان سیستم‌های تخصصی از جمله توسعه‌دهندگان موتور و بدنه (که به طور هم‌زمان در پروژه فعال هستند) به صورت مشترک در عواید و عوارض پروژه سهیم هستند که از آنها به عنوان شرکای ریسک نام برده می‌شود. این رویکرد به نوعی با هدف جبران هزینه کرد 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].

به‌طور کلی زنجیره ارزش در صنایع هوایی از منظر فناوری و تولید، مشتمل بر 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 پایین دستی نظیر تولید و مونتاژ قطعات،<sup>۱</sup> بازاریابی و فروش، حمل‌ونقل هوایی، تعمیر، نگهداری و اورهال،<sup>۲</sup> پایان عمر و ... را درگیر می‌کند.<sup>۳</sup> 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، تأمین کنندگان، واسطه‌ها، کاربران، مؤسسات تأمین سرمایه، حاکمیت و تشکل‌ها، انجمن‌ها و سازمان‌های ملی و بین‌المللی را پوشش می‌دهد که در کنار یکدیگر همکاری می‌کنند.

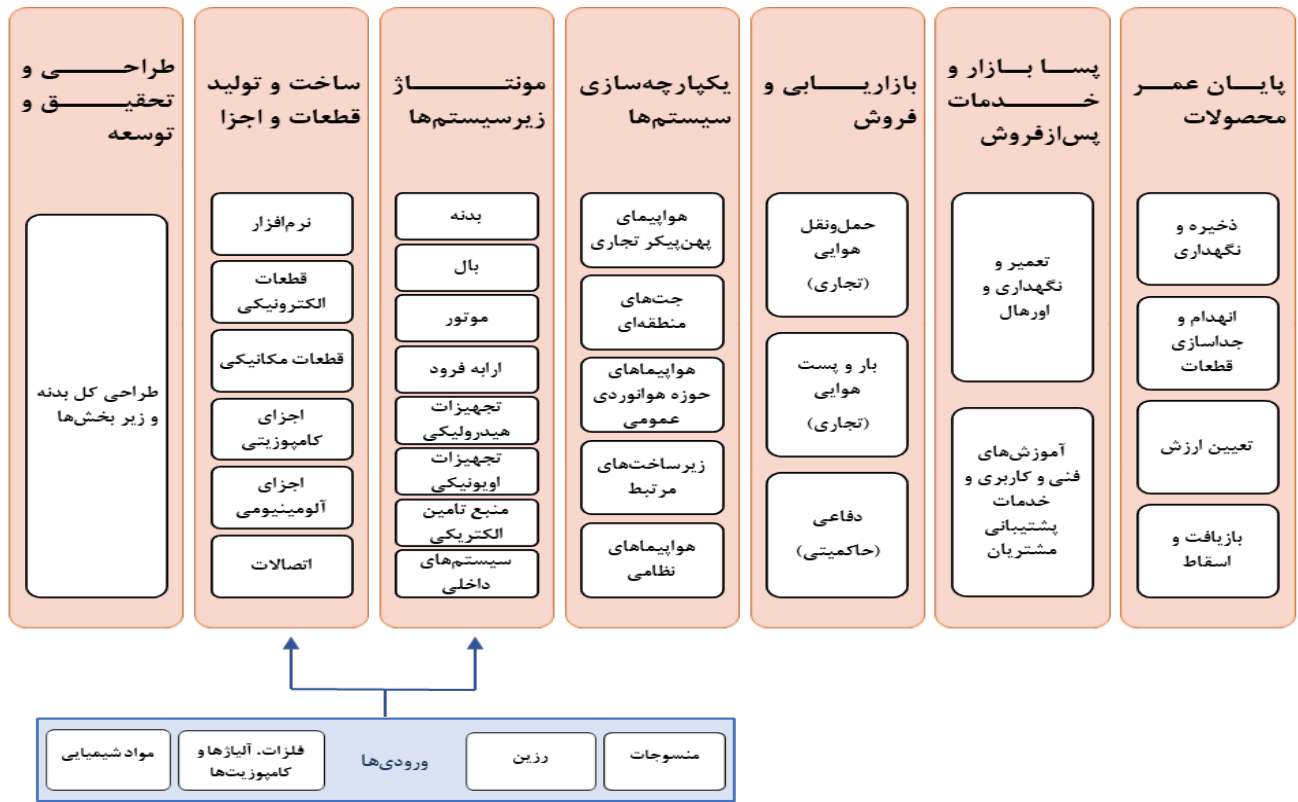
بارزترین ویژگی در ایجاد ارزش داخلی برای یک زنجیره ارزش هوافضایی، اجرای فعالیت‌های بالادستی شامل تولید و انتقال فناوری در طراحی، تحقیق و توسعه است. این فعالیت‌ها مستلزم درک و تسلط محتوایی، دانش غیرمدون در حوزه‌های طراحی، انتقال و مدیریت فناوری‌های پیشرفته و پیچیده و همچنین مدیریت و دانش سازمانی به منظور 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 کسب و کار هوافضایی در رده شرکت‌های سازنده قرار گرفته است، اما بیشترین حاشیه سود عملیاتی به شرکت‌های رده‌های اول و تولید کنندگان سیستم‌های پیش‌ران، اجزا و قطعات اختصاص

1. Original Equipment Manufacturer (OEM).

2. Maintenance, Repair and Overhaul (MRO)

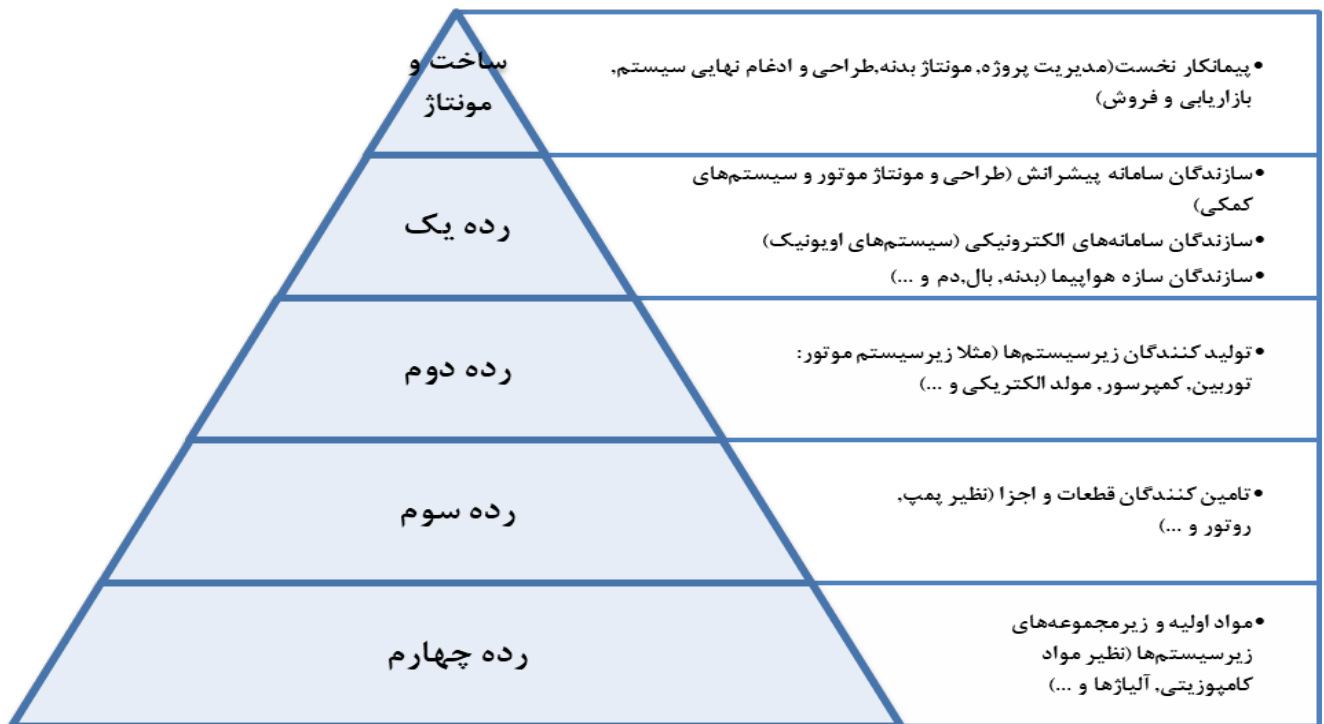
۳. با توجه به تعاریف مختلف زنجیره تأمین و زنجیره ارزش، هر دو به نوعی بیانگر زنجیره تعامل میان تأمین کنندگان در مراحل مختلف تولید و خدمات هستند. با این تفاوت که در زنجیره تأمین، رویکرد از منبع تولید به کاربر نهایی و با هدف یکپارچه‌سازی و بهینه‌سازی فرایندهای تولید و خدمات است، در حالی که در زنجیره ارزش، کاربر نهایی به عنوان منبع تقاضا تعریف می‌شود و رویکرد از کاربر نهایی به تولیدکننده با هدف ایجاد ارزش برای مصرف کننده است. با این همه، با توجه به ادبیات رایج در حوزه کسب و کار هوافضایی، در گزارش حاضر از این تفاوت‌ها صرف نظر شده است.

شکل ۶. مثالی از یک زنجیره ارزش مرسوم صنایع هوایی



مأخذ: [۳۰].

شکل ۷. رده ها و زیررده های یک زنجیره تأمین مرسوم هوایی



مأخذ: [۳۰].



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 به دلیل به کارگیری سطح فناوری بالا و آینده‌نگرانه از فاز طراحی مفهومی تا فاز بهره‌برداری و ترابری، نوع جدیدی از زنجیره ارزش را می‌طلبد که به رغم 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 علاوه بر 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 به دلیل موانع ورود بیشتر به نسبت سایر حوزه‌ها نسبت عایدی به هزینه 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.

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 به عنوان عوامل محدودکننده ورود به زنجیره ارزش جهانی صنایع هوافضایی یاد کرد که بسیاری از شرکت‌های فعال در زنجیره ارزش رانیز 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 باز یافت 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 ساخت و سازهای ایستگاه‌های

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

تجزیه زنجیره ارزش  
درصد از کل هزینه‌های مصرفی



مأخذ: [۶].

اپراتورها ممکن است چالش برانگیز باشد.

■ **کمتر بودن هزینه سامانه های پیشران:** پیشران های هواگردهای پیشرفته احتمالاً سهم کمتری از زنجیره ارزش را نسبت به هوافضای تجاری امروزی به خود اختصاص می دهند. هواگردهای پیشرفته هیچ گونه نیازی به فناوری موتور احتراقی با دمای بالا ندارند (موتورهای احتراقی هر چند سال یک بار نیاز به اورهال با صرف هزینه های میلیون دلاری دارد). در این محصولات پیشران های برقی طراحی ساده تری داشته و نسبت به جایگزین های مبتنی بر سوخت های فسیلی هزینه کمتری برای عملیات تعمیر و نگهداری در پی دارند.

■ **تنوع بیشتر خدمات جابه جایی هوایی:** این خدمات می تواند سهم بیشتری از زنجیره ارزش سامانه های جابه جایی هوایی پیشرفته را به دلیل درجه بالاتر هماهنگی ترابری چندوجهی مورد نیاز (یعنی اطمینان از انتقال سریع بین سفر به نقطه رأس، نشست و برخاست و استفاده از روش دیگری از مدهای حمل و نقل به سایر مقاصد) تشکیل دهد. با این حال باید توجه داشت سفرهای معمولی توسط هواگردهای پیشرفته به دلیل محدودیت های فنی اولیه، مسافت کوتاه تری برای طی کردن خواهند داشت و نسبت تغییر حالت به سایر مدهای ترابری، زمان حمل و نقل را بیشتر می کنند.

با توجه به شکل ۸ می توان گفت مهمترین تفاوت های زنجیره ارزش سامانه های جابه جایی هوایی پیشرفته نسبت به زنجیره ارزش سنتی در موارد زیر است:

■ **بالا بودن هزینه های نیروی انسانی:** این هزینه ها احتمالاً درصد بسیار بیشتری از زنجیره ارزش را حداقل در ابتدا تشکیل می دهند. هواگردهای پیشرفته معمولاً نسبت خلبان به مسافر بالاتری در مقایسه با مثلاً یک هواپیمای باریک پیکر یا جت منطقه ای دارند؛ به نحوی که اکثر وسایل نقلیه هوایی پیشرفته قادر به حمل حداکثر ۳ تا ۶ مسافر هستند، در حالی که یک هواپیمای تجاری در یک پرواز داخلی حدود ۱۶۰ مسافر را در خود جای می دهد. این امر به آن معناست که در زنجیره ارزش سامانه های جابه جایی هوایی پیشرفته (بدون ملاحظه راهکارهای فناورانه)، بخش قابل توجهی از هزینه ها باید صرف جذب و آموزش نیروهای انسانی متخصص به خصوص خلبانان هواگردها شود. با توجه به شکل ۶، خلبان ها به عنوان یکی از مهمترین محرک های ارزش و هزینه برای بخش سامانه های جابه جایی هوایی پیشرفته محسوب می شوند و ۱۵ تا ۲۵ درصد از ارزش کل زنجیره را به خود اختصاص داده اند. تخمین زده می شود که ۶۰۰۰۰ خلبان هواگردهای برقی عمودبرخاست ممکن است تا سال ۲۰۲۸ مورد نیاز باشد؛ علاوه بر هزینه بالا بحث ایمنی پروازی ناشی از قصور انسانی نیز برای

## ۶. بررسی سامانه های جابه جایی هوایی از منظر حمل و نقل هوشمند

ابزارهای سامانه های حمل و نقل هوشمند به کاربران و مسافران برای اتخاذ تصمیم بهتر و به موقع در زمان مناسب با توجه به سطوح مختلف تقاضای یاری می رسانند. سامانه های حمل و نقل هوشمند، با اطلاع رسانی مناسب فردی و گروهی، به مسافر کمک می کنند که ضمن استفاده از خدمات زمان بندی، مسیریابی و هدایت مسیر موجب پایین آمدن تراکم در شبکه ترافیک و کمینه سازی آلاینده های زیست محیطی شوند.

مهمترین مؤلفه های حمل و نقل هوشمند موضوعاتی شامل فناوری های نوظهور، سیستم های خودران، تبادل داده ها، کلان داده، هوش مصنوعی و امنیت سایبری هستند. حمل و نقل هوشمند آینده ای را پیش بینی می کند که در آن شهروندان و جوامع بتوانند از خدمات حمل و نقل یکپارچه و ایمن استفاده کنند و نیازهای کاربر و داده های درخواستی بلادرنگ توسط یک زیست بوم حمل و نقل به هم پیوسته برآورده شود [۳۱].

سامانه های حمل و نقل هوشمند نقش بسزایی در بهبود سطح ایمنی در شبکه های درون شهری و برون شهری، کاهش سوانح، روان سازی ترافیک شبکه، بهبود برنامه ریزی و مدیریت ترابری، اطلاع رسانی مناسب به کاربران قبل و حین سفر و کمینه سازی مخاطرات سفر دارد. سامانه های حمل و نقل هوشمند با به کارگیری اطلاعات ترافیکی و جغرافیایی و به کارگیری راهکارهای مختلف ارتباطات و فناوری های کنترلی در جهت مهندسی، بهبود و اصلاح عملیات مدیریت شبکه حمل و نقل عمل می کنند و از این رو در برنامه ریزی شهری بسیار مورد توجه قرار گرفته اند. وظیفه کلی این سامانه های تصمیم یار (پشتیبانی تصمیم) بهبود تصمیم گیری آفلاین و آنلاین برای کنترل کننده های شبکه حمل و نقل و دیگر کاربران و در نتیجه بهبود کارکرد کلی سیستم حمل و نقل عمومی و شخصی است. اما این سامانه ها زمانی می توانند به صورت مناسب عمل کنند که به صورت یکپارچه تعریف شده باشند. در این راستا



## ۱-۶. ظرفیت‌های حمل‌ونقل هوشمند در سامانه‌های جابه‌جایی هوایی پیشرفته

هوشمندسازی در بسیاری از سطوح سامانه‌های جابه‌جایی هوایی پیشرفته وجود دارد و می‌توان گفت به واسطه 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 شده است.

جدول ۹. اهم ظرفیت‌های حمل‌ونقل هوشمند در سامانه جابه‌جایی 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 به واسطه هوش مصنوعی، 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 تخلقات
۶	خودمختاری و سیستم‌های خودران	خودمختاری و سیستم‌های هدایت خودران و سطح آن به پیشرفت‌های فناورانه در این حوزه وابسته است. <sup>۱</sup>

مأخذ: [۳۲].

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، محدودیت‌های ورود به مناطق ممنوعه پروازی و کنترل تخلقات 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

همان‌طور 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 ارزش آفرینی به واسطه 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

۱. براساس طبقه‌بندی که توسط انجمن مهندسی 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.

اینترنت اشیا و ارتباط هواگردها که هم اکنون بسیاری از آنها در خودروهای خودران استفاده می شود منجر به افزایش کارایی سیستم های حمل و نقلی خواهد شد.

است. علاوه بر آن ظرفیت هایی نظیر پیش بینی بحران به واسطه هوش مصنوعی، پشتیبانی مسیر یابی وسایل نقلیه امدادی، ارسال اطلاعات سانحه، مدیریت ناوگان خدمات امدادی، سامانه های

## ۷. ایران و موضوع توسعه زیست بوم سامانه های جابه جایی هوایی پیشرفته

پروازی داخلی و خدمات قطب و اقماری،  
- ظرفیت های 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 ثغور فعالیت بخش خصوصی و شرکت های دانش بنیان،  
- قوانین و مقررات در حوزه واردات،  
- استفاده نکردن از برخی ظرفیت های قانونی جهت حمایت از این حوزه.

■ ملاحظات و ویژگی های زیست بومی کشور  
- عدم تبیین حیطه فعالیت و اثربخشی این زیست بوم در کشور،  
- زمان ورود به زیست بوم،  
- میزان توانمندی داخلی.  
■ چالش های اقتصادی و جذب سرمایه  
- توجه ناکافی به ظرفیت های گردشگری در این حوزه،  
- امنیت سرمایه گذاری در زیست بوم.  
■ چالش های فناورانه در سیستم های با فناوری بالا  
- انتقال فناوری به واسطه واردات،  
- بومی سازی و ساخت و تولید دانش بنیان،  
- نیروی انسانی متخصص،  
- سیستم های پیش رانش و انرژی،  
- خودمختاری و سامانه های خودران،  
- طراحی واحد،  
- حجم و تقاضای بازار.  
■ ملاحظات معماری شهری و زیست محیطی  
- بافت شهری در مناطق متراکم و فرسوده،  
- آلاینده های،  
- تخریب محیط زیست و آسیب به پرندگان.  
■ ملاحظات پذیرش اجتماعی

الزامات توسعه نوآورانه و فناورانه زیست بوم هوانوردی عمومی کشور توسط برخی پژوهشگران مورد بررسی قرار گرفته است. مطالعات منطقی و همکاران نشان می دهد که هر چند خلق و توسعه دانش در این حوزه قابل قبول بوده و ظرفیت های خوبی در مسیر شکل گیری بازار در حوزه هوانوردی عمومی پیش بینی می شود، اما توسعه حمل و نقل عمومی از منظر جذابیت برای صنعت و تقاضا ضعیف است که برخی دلایل آن می تواند چالش ها و محدودیت های پیش روی این صنعت باشد [۳۳].  
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:

۱. تقویت اشتغال دانش بنیان در حوزه صنایع هوایی و حضور در زنجیره ارزش،  
۲. افزایش کیفیت و دسترسی به خدمات اجتماعی عمومی نظیر مقابله با بحران و بلایای طبیعی، اورژانس های هوایی و سرعت بخشی به عملیات های اضطراری،  
۳. تکمیل بخشی از شبکه پروازی داخلی و ارتقای خدمات قطب و اقماری و افزایش بهره وری زیرساخت های فرودگاه های هوانوردی عمومی،  
۴. ظرفیت های قابل توجه در گردشگری هوایی (به ویژه ایجاد جاذبه، تسهیل دسترسی به مناطق گردشگری و کاهش زمان حمل و نقل برای گردشگران خارجی با هدف ترویج سفر به ایران).  
در این میان مجموعه مسائل، چالش ها و محدودیت هایی نیز در مسیر توسعه زیست بوم سامانه های جابه جایی هوایی پیشرفته وجود دارد که به شرح زیر قابل دسته بندی هستند:  
■ عدم شناسایی ظرفیت ها (مزایا و هزینه فرصت ها)  
- ظرفیت های ارائه خدمات اجتماعی عمومی هوایی (اورژانس هوایی، مقابله با بحران و بلایای طبیعی، سرعت بخشی به عملیات های اضطراری و ...)،  
- توسعه پژوهش ها و فناوری و تقویت اشتغال دانش بنیان،  
- امکان حضور در زنجیره ارزش جهانی،  
- ظرفیت های فرودگاهی کشور در حوزه هوانوردی عمومی و شبکه



- پذیرش اجتماعی،
- آلودگی صوتی،
- حریم شخصی،
- دسترسی همگانی،
- برابری اجتماعی،
- مقرون به صرفه 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
- حیطة 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. اهمیت مجموعه مسائل، چالش‌ها و محدودیت‌های پیش روی زیست‌بوم سامانه‌های جابه‌جایی هوایی پیشرفته



- تعامل بازیگران در راستای شناخت محدودیت‌ها و یافتن راهکارهای رفع برخی از چالش‌ها به‌ویژه ملاحظات امنیتی؛

- 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.

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

با این حال به نظر 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؛

## ۸. جمع بندی

شد و در حال پیاده سازی در اقصی نقاط جهان است. این صنعت طیف گسترده ای از مفاهیم عملیاتی مانند مأموریت های اورژانس پزشکی، تدارکات، یا نظارت را به عنوان نمونه خدمات غیر حمل و نقل مسافر و اقلام پوشش می دهد. این مفاهیم عملیاتی فرصت های ورود طیف متنوعی از بازیگران به بازار را به منظور تولید و ارائه خدمات فراهم کرده است. در این راستا پیشرفت در عرصه الکترونیک، مخابرات، انرژی های نو، ارتباطات، حسگرها و تجزیه و تحلیل داده ها، همراه با کاهش هزینه های زیاد به دلیل در دسترس بودن قطعات تجاری با کارایی بالا، فرصت های کاملاً جدیدی ایجاد کرده است و ذی نفعان مختلفی با پیشینه هوانوردی، فناوری، حمل و نقل زمینی و همچنین استارت آپ هایی که از طریق سرمایه گذاری سهام تأمین مالی می شوند، به این زیست بوم پیوسته اند.

تخمین زده می شود تا سال ۲۰۴۰ ارزش خدمات ارائه شده در زیست بوم سامانه های جابه جایی 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 می توان در ۶ مرحله (فاز) دسته بندی کرد که در شکل ۱۰ نمایش داده شده است.

در سال های اخیر، انواع روندها و پیشرفت های فناورانه مختلفی در وسایل نقلیه الکتریکی، خودران و نوآوری هایی در هوانوردی پیشرفته از جمله طراحی و ساخت هواگردهای عمودبرخاست، مشاهده شده است. این روندها دائماً در حال همگرایی هستند تا بتوانند فرصت های جدیدی را برای حمل و نقل هوایی بر حسب مدل تقاضا برای جابه جایی مسافران و تحویل کالا، عملیات و کارکردهای ویژه و خدمات ارزش افزوده فراهم آورند. از سوی دیگر فرایند گذاری در استفاده از انرژی در سطح جهانی به سمت گذار از سوخت های فسیلی و جذب منابع تجدید پذیر الکتریکی پایدار با استفاده از فناوری های جدید ذخیره سازی انرژی در حال حرکت است. این تغییرات تأثیری تکاملی بر گزینه های خدمات عمومی در سطح جهانی خواهد داشت.

زیست بوم سامانه های جابه جایی هوایی پیشرفته به زیرساخت ها، فناوری ها و خدماتی اشاره دارد که از عملیات ایمن و کارآمد هوایی پشتیبانی می کند. پیشنهاد این زیست بوم با عنوان سامانه های جابه جایی هوایی درون شهری از سال ۲۰۱۸ میلادی به عنوان یک راه حل نوآورانه و کارآمد جهت رفع چالش های شهرنشینی مطرح

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





در این گزارش زیست‌بوم سامانه‌های جابه‌جایی هوایی پیشرفته از منظر توسعه پایدار در حمل‌ونقل و نیز ابعاد زنجیره ارزش مورد واکاوی قرار گرفته است.

از منظر **حمل‌ونقل پایدار**، سامانه‌های جابه‌جایی هوایی پیشرفته را می‌توان به‌عنوان راه‌حلی برای کاهش آثار سوء زیست‌محیطی نظیر آلودگی هوا ناشی از مصرف بالای سوخت‌های فسیلی در نظر گرفت. علاوه بر 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.

بانگاهی به **زنجیره ارزش این زیست‌بوم** 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. علاوه بر آن در حوزه سرمایه‌گذاری و جذب درآمدهای بازیگران باید گفت که بازیگران زنجیره علاوه بر 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 مزیت‌های آن به‌شمار می‌رود.

ارزش‌آفرینی به‌واسطه ارائه خدمات نوین در عرصه حمل‌ونقل

هوایی نیازمند ملاحظه و عملیاتی کردن **ظرفیت‌های حمل‌ونقل 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 بر اساس هوش مصنوعی مدیریت حریم هوایی و کریدورها، محدودیت‌های 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. علاوه بر 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. از این رو 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.

**به‌طور کلی برخی از مهمترین ظرفیت‌هایی که زمینه‌ساز توجه به توسعه سامانه‌های جابه‌جایی 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 سرعت بخشی 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).

از این رو در وهله اول پیشنهاد می شود معرفی و ترویج اهمیت این زیست بوم در جهت پذیرش حاکمیت و جامعه در اولویت قرار گیرد. پس از آن تعامل با بازیگران این حوزه در راستای شناخت محدودیت ها و حصول رهیافت هایی جهت رفع برخی از چالش ها به ویژه ملاحظات امنیتی انجام شود. از دیگر اقداماتی که در راستای توسعه این زیست بوم پیشنهاد می شود امکان سنجی ایجاد ارتقای زیرساخت های فرودگاهی و بهره مندی از ظرفیت فرودگاه های اقماری و بررسی ظرفیت ها در حوزه ارتقای کیفیت و دسترسی سریع به خدمات اجتماعی عمومی و گردشگری هوایی است.

در این میان مجموعه محدودیت هایی نیز در مسیر توسعه زیست بوم سامانه های جابه جایی هوایی پیشرفته وجود دارد که عبارت اند از: عدم آشنایی و اولویت موضوع توسط سیاستگذاران؛ عدم شناسایی مزایا و هزینه فرصت ها؛ ملاحظات و ویژگی های زیست بومی کشور؛ چالش های اقتصادی و جذب سرمایه؛ چالش های فناورانه در سیستم های با فناوری بالا؛ ملاحظات معماری شهری؛ ملاحظات پذیرش اجتماعی؛ زیرساخت های فیزیکی و ارتباطی؛ ملاحظات ایمنی و امنیتی.

## منابع و مآخذ

- [1] علی اعظمی، مهدی فقیهی، پریسا علیزاده و حسین صدیقی. ساختار و سیاست های دولتی در حوزه هوانوردی برزیل (تجربه ای 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: 16<sup>th</sup> 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 -

“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](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، محمدزضا 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>

- [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، رضانیان 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](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) (accessed: CIVILICA, 1396, 1396. <https://civilica.com/doc/1333518/>) (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](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. vol. 3, no. 3, pp. 79–91, 2020. [Online]. Available: [http://ic4i-journal.ir/browse.php?a\\_code=A-10-132-1&slc\\_lang=fa&sid=1](http://ic4i-journal.ir/browse.php?a_code=A-10-132-1&slc_lang=fa&sid=1)



#### 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 ارائه می‌دهد.



مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی

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

تلفن: ۷۵۱۸۳۰۰۰ صندوق پستی: ۱۵۸۷۵-۵۸۵۵ پست الکترونیک: [mrc@majles.ir](mailto:mrc@majles.ir)

وبسایت: [rc@majles.ir](http://rc@majles.ir)