هشتمین کنفرانس بین المللی مطالعات بین رشته ای در مدیریت و مهندسی
8th International Conference on Interdisciplinary Studies in Management & Engineering (ICISME-2023)
۲۹ و ۳۰ آذر ۱۴۰۲
دانشگاه تهران
December 20th & 21th ,2023 | University of Tehran
OxfordCert Universal
Archive of SID

# بکارگیری ظرفیت فضایی در حوزه های کاربردی مختلف

**سیدمحمدحسین علی‌پور**
کارشناسی مهندسی هوافضا دانشگاه صنعتی شریف، کارشناسی ارشد مدیریت کسب‌وکار گرایش بازاریابی دانشکدگان فارابی دانشگاه تهران، تهران، ایران.
mhalipour1998@gmail.com

**عاطفه فرازمند**
مدیر گروه مطالعات برنامه‌ریزی طرح‌های توسعه فاوا، مرکز مطالعات راهبردی و اقتصاد دیجیتال، پژوهشگاه ارتباطات و فناوری اطلاعات (ITRC)، تهران، ایران.
a.farazmand@itrc.ac.ir

**چکیده**

امروزه داده‌های فضایی نقش غیرقابل جایگزینی در زندگی و فعالیت‌های بشری داشته و بسیاری از نیازهای فردی و جمعی جوامع انسانی با بکارگیری این داده‌ها پاسخ داده می شود. صنعت فضایی مدت‌هاست که به بخش لاینفک زندگی بشر تبدیل شده و همواره با رویکری رو به رشد، قابلیت‌های این صنعت در جهت حل معضلات و چالش‌های پیش روی جوامع بشری مورد استفاده قرار می گیرد. کشورها و مجامع بین المللی مختلف نیز با آگاهی از اهمیت و جایگاه ویژه این صنعت، برنامه‌های جامعی در زمینه توسعه صنعت فضایی تدوین کرده و همواره به دنبال بهره برداری حداکثری در این صنعت از طریق مشارکت با شرکای کلیدی خود و پیشگامان صنعت می باشند. در این مقاله با توجه به اهمیت و جایگاه صنعت فضایی، به بررسی کاربردهای آن پرداخته شده است. با توجه به اینکه کاربردهای صنعت فضایی بسیار گسترده بوده و زمینه‌های مختلف از جمله کشاورزی، صنعت و معدن، انرژی، و موارد متعدد دیگر را در بر می گیرد، لذا در این پژوهش سعی شده تا با بررسی منابع، برخی از پراستفاده ترین کاربردهای صنعت فضایی تشریح شود. شایان ذکر است با توجه به ظهور نسل چهارم فضا و پیدایش مفهوم فضا ۴,۰ به نظر می‌رسد کاربردهای این صنعت در سال‌های پیش رو، بیش از پیش مورد توجه قرار گیرد.

**واژگان کلیدی:** کاربردهای فضا، صنعت فضایی، داده فضایی، هوافضا.



www.SID.ir

**۱- مقدمه**

فضا به عنوان یک محیط برای ارزیابی نوآوری‌های بشری در حوزه فناوری و ارتباطات، سال‌هاست که نقش بسزایی دارد. این امر ابتدا در تعامل با دولت‌ها و شرکت‌های مخابراتی بزرگ روی داد و امروزه شاهد حضور چندین شرکت خصوصی فعال در زمینه فضا هستیم. از زمان پرتاب اسپوتنیک ۱ در سال ۱۹۵۷ تا کنون، اقتصاد فضایی بیشتر ارزش خود را از طریق خدمات ماهواره ای از جمله ارتباطات، داده‌ها، جمع آوری و تحلیل تصاویر ارائه کرده است. ماهواره‌ها نه تنها به شرکت‌های بزرگ در انجام وظایف متعددی کمک می کنند، بلکه به مصرف کنندگان نیز در بسیاری از موارد کمک می کنند. مثلاً، یک سیستم ناوبری آنلاین به مصرف کننده در مکان‌یابی کمک قبل توجهی می‌کند، یا اینکه در طول پرواز هواپیما، با استفاده از فناوری ماهواره، ارتباط با دیگران در سراسر جهان برقرار کند. علاوه بر این، ماهواره‌ها کاربردهای دیگری نیز دارند که بسیاری از کسب‌وکارها را در حوزه‌های مختلف تحت تأثیر قرار داده اند. به عنوان مثال، از رصد توسط ماهواره‌ها می توان برای پیشگیری از آتش‌سوزی‌ها و کمک به شناسایی منابع آب استفاده کرد. همچنین ماهواره‌ها می توانند در کشف و تحلیل منابع معدنی، رصد اقلیم و هواشناسی، نظارت بر موجودی در مکان‌های دور و دستیابی به اطلاعات مربوط به تغییرات زمین، دریا و اقیانوس‌ها کمک کنند. در نتیجه، برای درک بهتر نقش مهمی که ماهواره‌ها در زندگی روزمره ما دارند، باید به طور جدی به کاربردهای آنها توجه کرد و فناوری ماهواره را به عنوان یکی از پیشرفت‌های بزرگ انسان در حوزه فضایی شناخت. در این پژوهش با بررسی منابع موجود، کاربردهای صنعت فضایی مورد مطالعه قرار گرفته است (Cracknell and Varotsos, 2007; NEC, 2020).



**۲- کاربردهای فضا در زمین**

در حالیکه اکثر تلاش‌های پیشین برای پرتاب به مدارهای LEO به علت هزینه‌های بالا، تقاضای اندک و حمایت مالی ناکافی شکست خوردند، وضعیت امروزه متفاوت است. کمپانی اسپیس ایکس[1] قبلا به مدار LEO پرتاب داشته و اکنون شبکه پهنای باند ماهواره ای خود تحت عنوان اینترنت ماهواره ای استارلینک[2]را در اختیار کابران قرار داده. پروژه مشترک وان‌وب[3]و آمازون[4]تحت عنوان پروژه کوپیپر[5] قصد دارد به زودی ماهواره‌های خود را در مدار LEO مستقر کند. تصویربرداری ماهواره‌ای[6]تکنولوژی دیگری است که در کاربردهای اخیر به دفعات متعدد مورد استفاده قرار و با پیشرفت‌های قابل توجه صورت پذیرفته در این زمینه می تواند استفاده‌های چندگانه را با فراهم کردن جزئیات و اطلاعات دقیق فراهم کند (NEC, 2020; McKinsey & Company, 2022).
تعدادی از مهم ترین کابردهای فضا در زمین به شرح زیر است:

**۲-۱- خدمات اینترنتی در مکان‌های دور**

شبکه‌های زمینی برای خدمات رسانی به مناطق دور افتاده یا روستایی اغلب غیر اقتصادی بوده و گاها دارای دشواری‌های متعدد هستند. نبود اتصال اینترنتی مناسب می تواند در ارائه خدمات مهمی مانند آموزش از راه دور یا مشاوره پزشکی آنلاین تداخل ایجاد کند. با فراهم کردن سرویس اینترنت برای این مناطق از طریق ماهواره عدالت آموزشی و تعاملات اجتماعی افزایش یافته و سلامتی عمومی جامعه افزایش می یابد بخصوص در زمان پاندمی‌هایی مانند کووید ۱۹ که تعاملات شخصی را محدود کرده است (Townsend et al, 2015; McKinsey & Company, 2022).

[1] SpaceX
[2] Starlink
[3] OneWeb
[4] Amazon
[5] Kuiper
[6] Satellite imaging

www.SID.ir

Archive of SID

**2-2- کشاورزی**

حسگرهای فضایی کنترل از راه دور انبوهی از داده‌ها شامل تصاویر و اطلاعات الگوی آب و هوا را جمع آوری کرده و امواج الکترومغناطیس را جهت کاربردهای کشاورزی ارزیابی می کنند. ارزیابی سالانه مکنزی از پذیرش کشاورزی دیجیتال نشان داده که ۲۹ درصد از کشاورزان خرد و ۴۵ درصد از کشاورزان کلان از این داده‌ها برای برنامه ریزی‌های خود استفاده می کنند. بیشترین ارزش حسگرهای ماهواره ای برای کشاورزی به فرصت‌های بهبود عملکرد مربوط می شود. به عنوان نمونه، کشاورزان می توانند از تصاویر ماهواره ای برای شناسایی مناطقی که نیاز به کشت مجدد سریع در همان فصل دارند اقدام کنند و این امر جایگزین یک بازرسی دستی وقت گیر است که البته با خطا همراه بوده و ممکن از برخی نقاط را از قلم بیاندازد( McKinsey & Company, 2022).

**۲-۲-۱ چالش‌های کلیدی امروزه بخش کشاورزی جهانی**

- تولید پایین محصولات کشاورزی که منجر به گرسنگی و سوء تغذیه می شود؛
- تقاضای فزاینده برای غذا و کاهش زمین‌های در دسترس به جهت رشد جمعیت؛
- الگوهای آب و هوایی غیر قابل پیش بینی و از دست دادن زمین به جهت تغییرات در شرایط رشد ناشی از تغییرات آب و هوایی؛
- کاهش دسترسی به منابع طبیعی مانند زمین و آب به دلیل استفاده نامناسب از این منابع؛

فضا راهکارهای مناسبی برای کشورهای در حال توسعه برای مقابله با چالش‌های بخش کشاورزی ارائه می دهد که منجر به خروجی‌ها و اثرات مثبت قابل توجهی خواهد شد (Vos and Bellù, 2019).



**۲-۲-۲ اقدامات کلیدی فضا برای مقابله با این چالش‌ها**

**افزایش تولید: رصد زمین میزان دقت و ارتباط ابزارهای تصمیم گیری و دسترسی به محصولات ارزشمند را افزایش می دهد**

فقدان اطلاعات دقیق و به موقع در دسترس کشاورزان برای گرفتن بهترین تصمیم یکی از عوامل اصلی ایجاد شکاف عملکردی است مشاهده زمین[۷] یا به اختصار EO اطلاعاتی را برای ارتقا ابزارهای پشتیبانی تصمیم فراهم می کند که منجر به تصمیم گیری آگاهانه کشاورزی در زمان درست می شود EO داده‌های با کیفیت بالا فراهم می کند، به عنوان نمونه در کیفیت محصول، شناسایی زمین‌های رقابتی و برای شناسایی عواملی که منجر به کاهش عملکرد می شود. تولید کنندگان خرد معمولا با مشکل دسترسی به اعتبار مناسب مواجه هستند که منجر به کاهش بهره‌وری در کشورهای در حال توسعه می شود. آنالیز داده‌های EO می تواند و ارائه اطلاعات درمورد میزان ریسک، بازده و نرخ تخریب زمین برای سازمان‌های ارائه دهنده پشتیبانی مالی برای کشاورزان می تواند هم میزان ریسک پذیرفته شده توسط این سازمان‌ها را کاهش داده و هم منجر به افزایش دسترسی کشاورزان به منابع مالی شود . (UK SPACE AGANCY, 2018)

**ارتقا عملکرد زنجیره تامین برای کاهش هدر رفت: رصد زمین منجر به بهینه سازی زنجیره تامین می شود**

نبود اطلاعات دقیق پیرامون زنجیره غذایی، زیرساخت‌های ضعیف در مناطق روستایی و نبود شفافیت و ارتباطات بین ذی نفعان زنجیره تامین، منجر به فاسد شدن و هدر رفت مواد غذایی در کشورهای در حال توسعه می شود EO اطلاعات دقیق و به موقع برای پشتیبانی از تصمیم در هر مرحله از زنجیره تامین فراهم می آورد و منجر به بهبود عملکرد و کاهش هدر رفت می شود EO اطلاعاتی را برای ارتقا رصد و محافظت از بهره‌وری محصول در مقیاس‌های مختلف خرد و کلان فراهم می آورد که منجر به بهینه سازی عملیات کشاورزی می شود. اندازه گیری بهره‌وری محصول، مرحله رشد محصول و هشدار دادن هنگامی که ممکن است

[7] Earth Observation (EO)

www.SID.ir

مشکلی در سلامت محصول به وجود آمده باشد می تواند برای محصولات خاص با استفاده از داده‌های EO در زمان‌های مختلف توسعه داده شود. این تحلیل‌های می تواند آماده و در دسترس کشاورزان قرار گیرد. فراهم ساختن داده‌های متناوب در دوره‌های زمانی مختلف برای مدیران زنجیره تامین اطلاعات مناسب در طول فصل رشد فراهم می آورد که به هدف گذاری کشاورزی کمک کرده و برنامه‌ریزی و تدارکات برای برداشت در مراحل کلیدی چرخه کشت را تحت تاثیر قرار می دهد( UK SPACE AGANCY, 2018; Xu and Sun, 2021).

**مدیریت پایدار منابع محیطی و قابلیت ردیابی زنجیره تامین: رصد زمین دامنه ابزارهای پشتیبانی تصمیم برای مدیریت منابع و قابلیت ردیابی را بهبود می بخشد**

افزایش تولید مواد غذایی باید از طریق افزایش پایدار کشاورزی باشد. افزایش پایدار از یک رویکرد اکوسیستمی بهره می برد، یک استراتژی جهانی برای همگرایی در مدیریت زمین، آب و منابع زندگی که حفاظت منابع طبیعی و استفاده پایدار را به روشی منصفانه ترویج می کند. EO منابعی را برای شناسایی انواع پوشش زمین، توپوگرافی[8]، زیرساخت و سیستم‌های مدیریت زمین که ورودی‌های کلیدی برای نقشه برداری خدمات اکوسیستم هستند فراهم می کند. نظارت مداوم بر کشاورزی در سطح منطقه ای و جهانی با استفاده از تکنولوژی فضا نشان می دهد که چگونه کشاورزی در مقابل تغییرات آب و هوایی بهینه و پایدار شود. داده‌های EO می تواند ابزارهای پشتیبانی تصمیم برای تولید کنندگان در مقیاس محلی فراهم کرده و از طریق بهبود مدیریت منابع طبیعی و مصرف ورودی‌ها منجر به افزایش عملکرد و پایداری شود. در موارد صدور مجوز برای طرح‌ها، EO می تواند به عنوان ابزاری برای رصد پوشش جنگلی و تغییرات در زمین‌ها یا تخریب اکوسیستم‌ها استفاده شود که منجر به ارتقا کیفیت ارزیابی‌ها و روند اعتبار سنجی با هزینه کمتر می شود (UK SPACE AGANCY, 2018; Bhutta and Ahmad, 2021).

**تاب آوری در مقابل تغییرات آب و هوایی: رصد زمین دقت سیستم‌های هشدار سریع و دسترسی به بیمه را افزایش می دهد**

کشورهای در حال توسعه نوعا در توانایی جمع آوری، تحلیل و پیش بینی الگوهای آب و هوایی و زمان بروز وقایع مشکل دارند که منجر به خسارت دیدن بسیاری از محصولات و دام‌ها می شود. EO و ماهواره‌های هواشناسی داده‌های دقیق و جزئی را برای سیستم‌های هشدار سریع فراهم می کنند که می تواند به کشاورزان و دامداران هشدارهای لازم را پیش از وقوع داده و زمان لازم برای انجام اقدامات پیشگیرانه را در اختیار آنها بگذارد. بیمه محصول و دام می تواند با استفاده از داده‌های EO برای بیمه‌گران به صرفه تر باشد (UK SPACE AGANCY, 2018).

### ۳-۲-۲ زمینه‌های ارائه راهکار فضایی برای کشاورزی

**ابزارهای حمایت از تصمیم**

برای افزایش پایدار تولید غذا، مدیریت منابع طبیعی و استفاده با بازده بیشتر از ورودی‌ها و برای بهینه کردن زنجیره تامین و برای ایجاد قابلیت ردیابی. ذی نفعانی که در طول زنجیره تامین کشاورزی قرار دارند نیاز به اطلاعات دقیق، مرتبط و به موقع برای گرفتن تصمیم‌های آگاهانه دارند EO داده‌هایی را فراهم می کند که می تواند منجر به تصمیم گیری بهتر در طول زنجیره تامین از سطح مزرعه تا سطح منطقه ای و ملی شود (UK SPACE AGANCY, 2018; Bhutta and Ahmad, 2021).

**سیستم‌های هشدار سریع**

بسیاری از کشورهای در حال توسعه در پیش بینی دقیق شیوع آفات و بیماری‌ها، یا وقوع آب و هوای شدید و حوادثی از قبیل خشک سالی و سیل مشکل دارند EO اطلاعاتی را برای مشاهده عوامل محیطی مرتبط با اینچنین رویدادهایی فراهم می کند و به

[8] Topography



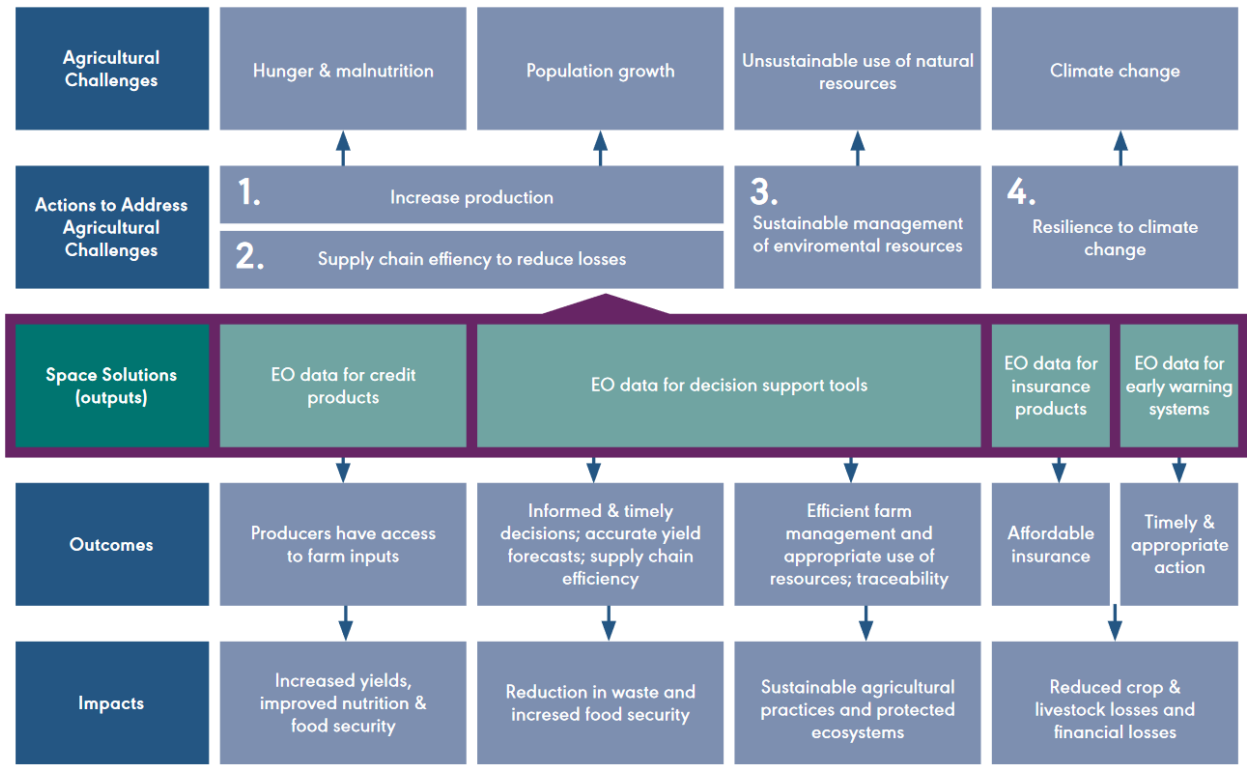
www.SID.ir

Archive of SID

کشورها اجازه می دهد که با ساخت سیستم‌های هشدار سریع و اقدامات به موقع، مانع از ایجاد خسارت شده و یا خسارات را به حداقل ممکن برسانند (UK SPACE AGANCY, 2018).

**بیمه و اعتبار محصولات**

EO نقشه‌های دقیق از زمین‌های در حال استفاده و تغییرات در محصولات و زمین‌ها فراهم می کند. این داده‌ها برای کمپانی‌های مالی که نیاز به اطلاعات مربوط به زمین‌های مورد استفاده تولید کنندگان به جهت ارائه پیشنهاد خدمات مالی مانند بیمه و اعتبار دارند بسیار مناسب است. برای بسیاری از تولید کنندگان خرد در کشورهای در حال توسعه، این خدمات مالی یا به قدری گران است که کسی به سراغ آنها نمی رود یا برای نیازهای آنها طراحی نشده است یا اینکه به سادگی در دسترس نیست. شکل ۱ راه حل‌های فضا برای مشکلات کشاورزی کشورهای در حال توسعه را نشان می دهد (UK SPACE AGANCY, 2018; Benami and Carter, 2021).




**شکل ۱. راه حل‌های فضا برای مشکلات کشاورزی در کشورهای در حال توسعه (UK SPACE AGANCY, 2018)**

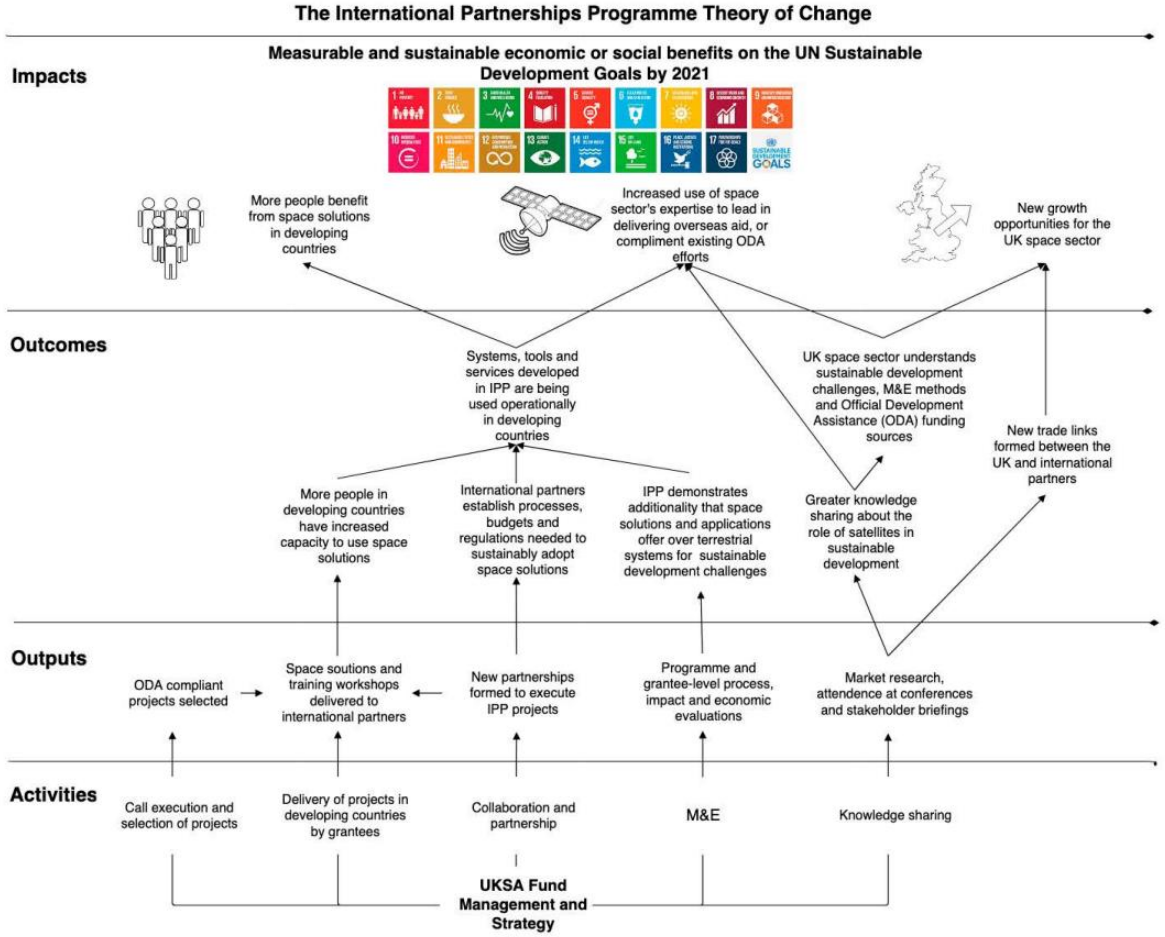
**۲-۲-۴ نمونه ای از پروژه‌های کشاورزی با استفاده از داده‌های فضایی**

پروژه Pest Risk Information Service (PRISE) زیرنظر برنامه مشارکت بین المللی[9] سازمان ملل که کشورهای هدف این پروژه عبارت از: غنا، زامبیا و کنیا. این پروژه با هدف بهبود معیشت کشاورزان خرد، کاهش گرسنگی و افزایش امنیت غذایی در سه کشور فوق کلید خورده است و برای انجام آن به کشاورزان کمک می کند تا با کاهش میزان تخریب محصولات توسط آفات میزان

[9] International Partnerships Programme (IPP)


www.SID.ir

تولید را افزایش داده و میزان درآمد خود را افزایش دهند. در این پروژه تکنولوژی‌های نوین EO را در کنار یکدیگر قرار داده است. مکان یابی ماهواره؛[1]مدل سازی سلامتی گیاه[1]و مشاهده به موقع روی زمین[2]جهت فراهم کردن داده‌های علمی. حاصل این پروژه یک سیستم هشدار سریع است که اطلاعات را از دیتابیس‌های مختلف ترکیب کرده و آنها را با استفاده از عملیات‌های محاسباتی و مدلسازی دستکاری می کند و در نهایت از شبکه‌های بین‌المللی توسعه یافته در این مورد به خوبی استفاده می‌کند. شکل ۲ لایه‌های تئوری تغییر برنامه مشارکت بین المللی را نشان می دهد (UK SPACE AGANCY, 2018).




**شکل ۲. لایه‌های تئوری تغییر برنامه مشارکت بین المللی (Caribou Space for Development, 2022)**

### ۳-۲- بیمه

تصویر برداری بهتر به بیمه گران اجازه می‌دهد تا ریسک‌ها و خسارات را در مکان‌های دور افتاده به طور مقرون به صرفه ارزیابی کنند، وضوح بهبود یافته و فرکانس توالی تصاویر[3]بیشتر مشکلات را به صورت شفاف تر مشخص می کند و نیاز به بازدید حضوری

1 Satellite positioning
1 Plant health modelling
1 On the ground real time observations
1 Image sequencing frequency



www.SID.ir

Archive of SID

را از بین می برد. نقشه برداری مبتنی بر فرکانس رادیویی[4] می تواند فعالیت‌های کشتیرانی پنهان را شناسایی کند و به این صورت می تواند به مشتریان کالاهای دریایی در ردیابی کالاها کمک کند (Pekkanen et al, 2022; McKinsey & Company, 2022 ).

**2-4- تغییرات آب و هوایی (هواشناسی)**

بیشتر از ۱۶۰ ماهواره زمین را جهت بررسی اثرات گرم شدن زمین و میزان اثربخشی اقدامات محافظتی دولت‌ها پایش می کنند. همچنین اقداماتی که ممکن است گرم شدن زمین را تسریع کند (مانند قطع غیرمجاز درختان) را رصد کرده و اقدامات لازم را برای جلوگیری از آن انجام دهند. ناسا با نصب یک دستگاه بر روی ماهواره آکوا[5] برای پایش تغییرات محیطی شامل موارد مرتبط به آب اقیانوس‌ها، بخار آب، ابرها، دریا و زمین‌های یخ زده، و بارندگی برای بیشتر از ۲۰ سال استفاده کرده است. ماهواره‌های دیگر اطلاعاتی را فراهم می کنند که به نهادهای دولتی برای مقابله با آتش سوزی، فرسایش سواحل و سایر بلایای وابسته به آب و هوا کمک می کند (McKinsey & Company, 2022; Wyld, 2023).

**2-5- نفت و گاز و انرژی**

شرکت‌های مدیریت انرژی می توانند از تصاویر ماهواره ای برای پایش و بررسی عملکرد استفاده کنند. به عنوان نمونه شرکت برق می تواند از داده‌های ماهواره ای برای نظارت بر پوشش گیاهی که ممکن است با زیرساخت‌های حیاتی خطوط برق، تداخل داشته باشند استفاده کند و با آگاهی به موقع از مشکل ایجاد شده، از قطعی برق در شبکه یا حوادث جلوگیری کند.

خطوط انتقال نفت و گاز به طول میلیون‌ها کیلومتر در سرتاسر دنیا کشیده شده اند. پیش بینی می شود امریکای شمالی تا سال ۲۰۲۳ دارای شبکه انتقالی به طول ۸۳۴۱۵۲ کیلومتر باشد. اگرچه خطوط لوله ایمن ساخته شده و قادر به انتقال منابع طبیعی به طول هزاران کیلومتر در یک زمان است اما با این وجود در برابر نشت و خوردگی ناشی از فرسایش آب و هوا و بلایای طبیعی آسیب پذیر هستند. تشخیص نقص زیرساخت‌ها نیز کار آسانی نیست و خطوط منفرد می توانند بیش از ۵۰۰۰ کیلومتر کشیده شوند مانند خط لوله باتونروژ تا دی سی. حسگرهایی برای نظارت بر این خطوط لوله وجود دارد اما جمع آوری داده‌ها از مکان‌های دور و در فواصل بسیار زیاد اغلب نیاز به اندازه گیری‌های حضوری توسط شرکت‌های انرژی دارد که روشی گران قیمت برای جمع آوری داده‌های حسگر هستند. نکته قابل توجه دیگر اینکه بدلیل موقعیت مکانی لوله‌ها، بسیاری از راهکارهای بی سیم موجود قابل اجرا نیستند. وای فای برد لازم را ندارد، شبکه‌های تلفن همراه اغلب سیگنالی به اینجور مناطق که مناطقی خالی از سکنه یا روستاهای دور افتاده هستند نمی دهد زیرا پوشش چنین فواصل وسیعی به زیرساخت‌های گران قیمت نیاز دارد که خود نیازمند نگهداری و تامین انرژی می باشند.

ماهواره‌های مدار پایین زمین (LEO) انقلاب جدیدی در اینترنت اشیا هستند. ماهواره‌های زمین ایستا، ده‌ها سال است که در دسترس هستند ولی نوع ارتباطاتی که آنها به کار می گیرند نیازمند نیرو و زیرساخت‌های گران قیمت هستند و با جمع آوری کارآمد بسته‌های کوچک داده در سراسر جهان سازگار نیستند. از سوی دیگر ماهواره‌های LEO کوچک هستند و هزینه پرتاب و نگهداری آنها بسیار کمتر است.

یک ماهواره LEO می تواند یک بار در روز داده‌ها را از هر نقطه از جهان جمع آوری کند. ماهواره LEO که معمولا به اندازه یک جعبه کفش هستند در مقایسه با ماهواره‌های زمین ایستا ارزان تر هستند و چندین بار در روز به دور زمین می چرخند و در یک

[1] Radio frequency based mapping

[4]

[1] Aqua

[5]



www.SID.ir

بازه زمانی ۲۴ ساعته کل سطح زمین را پوشش می دهند. به این ترتیب آنها می توانند داده‌ها را از حسگرهایی با قابلیت اتصال ماهواره ای که روی زمین قرار دارند دریافت کنند. با چندین ماهواره LEO می توان داده‌های اینترنت اشیا را هر ساعت در مناطقی که پوشش سلولی کمی دارند یا بدون پوشش سلولی هستند بدست آورد.

صرفه جویی در زیرساخت در این مورد بسیار قابل توجه است زیرا تقریبا تمام عملیات نفت و گاز دریایی در نقاط دور افتاده انجام می شود و در معرض چالش‌های ارتباطی هستند. بازدیدهای فیزیکی و هرنوع خرابی غیر مترقبه می توانند با اتصال بهبود یافته حسگرها و دستگاه‌ها از طریق ارتباط ماهواره ای کاهش یابند. اما بزرگترین نقطه قوت اینترنت اشیا ماهواره ای، نحوه مدیریت ارتباطات کم مصرف آن است LoRaWAN. یک پروتکل شبکه با توان کم و گسترده است که حسگرها را قادر می سازد تا داده‌های خود را در فواصل طولانی بدون سیم برای سال‌ها بدون نیاز به برق شهری انتقال دهند. استفاده از آن برای ردیابی دارایی‌ها و مدیریت آنها چه ثابت باشند یا سیار منجر به کاهش زمان خرابی می شود و با داده‌های دقیق تر شرکت‌ها می توانند از هوش مصنوعی و یادگیری ماشینی برای بهبود کارایی و دستیابی به اهداف پایداری استفاده کنند(Tian et al, 2020; Wyld, 2023).

یکی از مهم ترین دلایلی که باعث می شود نظارت منظم بر وضعیت خطوط انتقال گاز، نفت، برق و غیره ضروری باشد، حفظ رفاه زیست محیطی منطقه ای است که لوله از آن عبور می کند. در شکل ۳ مناطقی اطراف خطوط انتقال که فعالیت‌های غیرقانونی در آنجا وجود دارد مشخص شده است.

**شکل ۳. نمایش مناطق با فعالیت‌های غیر قانونی اطراف لوله‌های انتقال (INNOTER, 2022)**

تصاویر ماهواره ای می توانند به مهندسان و اپراتورها در موارد زیر کمک کنند:

- نظارت بر کریدورهای انتقال برق و گاز و حق تقدم؛
- تجزیه و تحلیل دقیق و اقتصادی مسیر برای خطوط انتقال برق و گاز؛
- نظارت بر نفوذ پوشش گیاهی در خطوط انتقال و توزیع؛

www.SID.ir

Archive of SID

- نقشه برداری برای قرار دادن کابل؛
- تعیین وضعیت مستلزم اعلان هشدار؛
- مسائل ایمنی سنتی، خطرات و بلایای طبیعی که خط لوله و زیرساخت‌ها با آن مواجه هستند؛
- اعمال تجاوزکارانه عمدی؛
- محل نشتی؛
- مدل سازی نشت HCA (Satellite Imaging Corporation, 2022).

**۱-۵-۲ نمونه ای از پروژه‌های انرژی با استفاده از داده‌های ماهواره ای**

پس از یک مطالعه امکان سنجی توسط آژانس فضایی اروپا (ESA)، کنسرسیومی به رهبری Orbital Eye تصمیم گرفت یک پروژه را با هدف توسعه و آزمایش سرویسی جدید از طریق همکاری با دو اپراتور خط لوله یعنی Gasunie و PPS Pipeline Systems آغاز کند. بر اساس داده‌های اپراتورها تیم سه الزام کلیدی را شناسایی کرد:

۱- تشخیص دخالت‌های شخص ثالث
۲- تشخیص فرونشست زمین که در صورت عدم شناسایی منجر به خرابی‌های ساختاری در خطوط لوله می شود.
۳- دسترسی پرسنل میدانی به پایگاه داده‌ها به طوری که در مواقع اضطراری به سرعت مداخله کنند.

در سال ۲۰۱۴ یک سرویس نمونه اولیه توسط کنسرسیوم راه اندازی شد. این سیستم قادر می تواند خطوط لوله را از فضا رصد کند و تداخل شخص ثالث به استفاده از الگوریتم هوشمند و حرکت زمین با دقت میلی متر اندازه گیری می شود (ESA, 2016).



**2-6- مدیریت بحران و بلایای طبیعی**

استفاده از سنجش از راه دور ماهواره ای برای پشتیبانی مدیریت بلایا از حدود سال ۲۰۰۰ آغاز شد. زمانی که مشاهدات زمین با استفاده از ماهواره برای ارزیابی سریع موقعیت‌های بلایا در سطح جهانی توسط منشور بین المللی فضا و بلایای بزرگ[6] و سازمان ملل آغاز شد. ژاپن به عنوان کشوری که حادثه خیز شناخته می شود، از پدیده‌های طبیعی مانند طوفان باران‌های شدید، بارش‌های سنگین برف، رانش زمین، زلزله، سونامی و فوران‌های آتشفشانی آسیب‌های زیادی دیده است. در ژاپن، آژانس اکتشافات هوافضای ژاپن[7] یا به اختصار JAXA با استفاده از ماهواره ALOS که در ژانویه ۲۰۰۶ پرتاب شد، به فعالیت‌های پشتیبانی در مدیریت بلایا ورود کرده است. به منظور کاهش خسارات ناشی از بلایای طبیعی، درک سریع وضعیت موجود و میزان خسارت بسیار مهم است. علاوه بر این برای برخی بلایا مانند فوران‌های آتشفشانی نیاز به نظارت منظم برای جلوگیری از خسارت امری حیاتی می باشد. ماهواره AOLS-2 قادر به رصد دوره ای منطقه وسیعی است که از آن در مدیریت بلایای طبیعی بهره برداری می شود (JAXA, 2012).

**2-7- معدن**

ماهواره‌ها می توانند بسیاری از فعالیت‌های بسیار مهم در شرکت‌های معدنی را پشتیبانی کنند. ارتباط بهتر می تواند بهره‌وری را در معادن دور افتاده با فراهم کردن ارتباط مناسب میان متخصصین مستقر در مرکز و کارکنان محلی فراهم کند. داده‌های ماهواره ای همچنین می تواند به شرکت‌های معدنی در نقشه برداری از انتشار گازهای گلخانه ای، نظارت بر محموله‌ها در طول زنجیره تامین و

[1] International Charter Space and Major Disasters
[1] Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA)

www.SID.ir

Archive of SID

افزایش کیفیت تلاش‌های اکتشافی با شناسایی مناطق غنی از مواد معدنی کمک کند (Le et al, 2018; EOS DATA ANALYTICS, 2020).

**۲-۷-۱ استفاده از سنسورهای کنترل از راه دور ماهواره ای در صنایع معدنی**

رصد زمین با ماهواره به لطف پوشش نظارتی گسترده و تعیین دقیق ویژگی‌های سطحی که نشان دهنده ذخایر معدنی و ردیابی تغییرات چشم انداز مرتبط با معدن هستند در صنعت به طور خاص مورد توجه قرار گرفته است. مشاهده از راه دور سطح زمین با ماهواره در طول تمامی مراحل چرخه زندگی یک معدن کاربرد دارد. تصاویر ماهواره ای ابزار مهمی برای حمایت از پروژه‌های اکتشاف ذخایر معدنی هستند. طیف کاربرد آنها بسیار گسترده است. آنها اطلاعاتی در مورد وجود جاده‌ها، مسیرهای خاکی، حصارها و غیره در اختیار زمین شناسان قرار می دهند. به عبارت دیگر تصاویر ماهواره ای مبنای تهیه نقشه‌های پوشش زمین است. نقشه برداری برای تعیین مسیرهای دسترسی بالقوه به مناطق اکتشاف شده ضروری است.

رصد از راه دور ماهواره ای جستجوی جغرافیایی در مکان‌هایی که دسترسی به آنها دشوار است را آسان تر کرده و سرعت آنرا افزایش می دهد. نقشه‌های ماهواره ای همچنین برای شناسایی لایه‌های سنگی و نظارت بر پوشش گیاهی در مناطق اکتشافی مفید هستند. نظارت بر معادن رو باز در حین استخراج یکی دیگر از موارد استفاده از داده‌های ماهواره ای است. به عنوان مثال از تصاویر ماهواره Sentinel 1برای بررسی پایداری شیب و تغییرات ماهانه قسمت‌هایی که در آنها استخراج انجام می شود استفاده می شود. تصاویر ماهواره ای چند طیفی برای طبیعی سازی مجدد زمین‌های کوهستانی معدن استفاده می شود (از طریق نظارت بر وضعیت پوشش گیاهی و خروج آب اسیدی از سنگ آهن و زغال سنگ معادن). داده‌های به دست آمده امکان نظارت بر واکنش پوشش گیاهی به عوامل مخرب را با وضوح زمانی و مکانی بالا ممکن می سازد لذا این داده‌ها مبنایی برای بهبود مدیریت بازسازی است. سنجش از راه دور ماهواره ای و تجزیه و تحلیل تصاویر برای بررسی امکان کشاورزی یا سایر فعالیت‌های اقتصادی در زمین‌های معدن پس از استخراج مفید است (Li et al, 2020; EOS DATA ANALYTICS, 2020).



**۲-۷-۲ بکارگیری تصاویر ماهواره ای برای نقشه برداری از مناطق دارای ذخایر معدنی**

بیش از ۴۰۰۰ ماده معدنی روی زمین وجود دارد. مقدار تابش خورشیدی که یک ماده معدنی خاص به دلیل ترکیب شیمیایی خود منعکس می کند منحصر به فرد است و به نوعی می توان آنرا شبیه به اثرانگشت انسان دانست که به آن امضای طیفی[۱۸]می گویند. امضای طیفی یک کانی را می توان با اندازه گیری نوسانات کوچک در طول امواج الکترومغناطیسی به کمک ماهواره‌ها تعیین کرد. ماهواره‌ها امکان عکسبرداری از مناطق مختلف و بررسی بخش‌های خارج از طیف مرئی مانند تابش مادون قرمز که برای شناسایی ویژگی‌های ساختاری سطح زمین مفید است را فراهم می کنند. به لطف تصاویر طیفی[۱۹]و نقشه برداری موضوعی،[۲۰]محققان اطلاعاتی در مورد ویژگی‌های جذب و بازتاب خاک، ترکیب سنگ‌ها و پوشش گیاهی به دست می آورند و چنین داده‌هایی امکان شناسایی رسوبات خاک رس، اکسیدها و تعیین نوع خاک را در تصاویر ماهواره ای فراهم می کند (EOS DATA ANALYTICS, 2020).

---

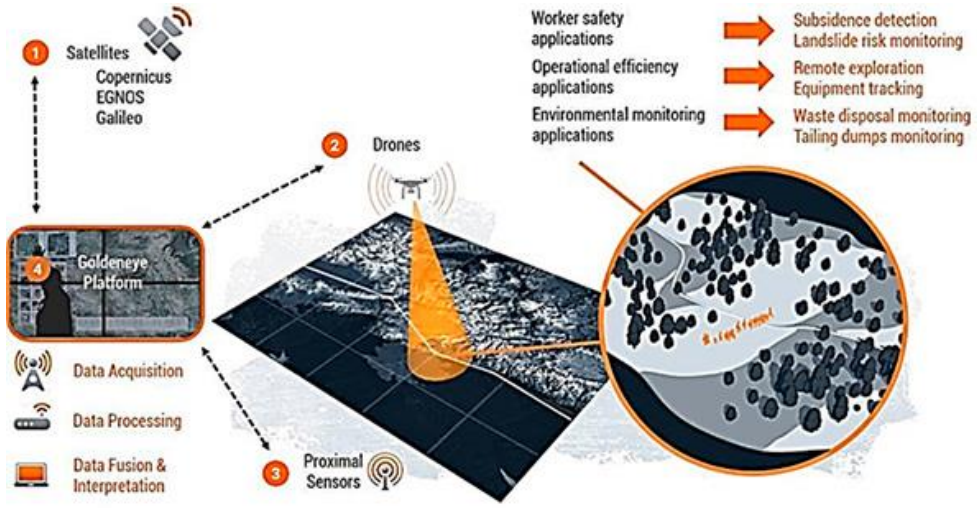
1 Spectral signature
1 Spectral images
2 Thematic mapping
8
9
0

www.SID.ir

**۳-۷-۲ نمونه ای از پروژه‌های معدنی با استفاده از داده‌های فضایی**

پروژه چشم طلایی[۲۱]پروژه ای سه تا پنج ساله است که در سال ۲۰۲۰ کلید خورده و توسط کمیسیسون اروپا تامین مالی می شود. هدف این پروژه ایجاد یک پلتفرم مبتنی بر هوش مصنوعی برای نظارت و تجزه و تحلیل سایت‌های معدن در سراسر اتحادیه اروپا است تا اکتشاف مواد معدنی را مقرون به صرفه تر و کارآمد تر کند و در عین حال از ایمنی کارگران مراقبت کرده و تاثیر استخراج بر محیط زیست را کاهش دهد. مرکز تحقیقات فنی VTT فنلاند[۲]مسئولیت هماهنگی این پروژه را بر عهده دارد. شکل زیر خلاصه ای از این پروژه را نمایش می دهد(EOS DATA ANALYTICS, 2020).

پلتفرم چشم طلایی از فناوری‌های سنجش از راه دور و موقعیت یابی برای تولید و جمع آوری داده‌ها (حاصل از ماهواره‌ها، پهبادها و حسگرهای درجا) استفاده می کند و از الگوریتم‌های ماشین لرنینگ برای تجزیه و تحلیل خود استفاده می کند. اطلاعات عملی در مورد سایت‌های معدن به کاربران نهایی امکان می دهد تا به اکتشاف و استخراج کارآمد تر دستیابند و اطمینان حاصل کنند که تاسیسات معدنی زمین‌های اطراف را آلوده نمی کنند. شکل ۴ خلاصه ای از پروژه چشم طلایی را نشان می دهد (GoldenEye, 2020).




**شکل ۴. خلاصه پروژه چشم طلایی (GoldenEye, 2020)**

**۸-۲- مدیریت شهری**

توسعه و رشد سریع مناطق شهری فشار فزاینده ای بر محیط زیست از جمله فضاهای سبز و پراک‌های شهری وارد می کند. فضاهای سبز از جمله مناظر خیابانی، چمن زارها، پارک‌های عمومی، باغ‌ها، محصولات زراعی و جنگل‌ها برای بهبود کیفیت زندگی شهری مورد نیاز شهرهاست. پوشش گیاهی اکسیژن را ارائه می دهد و مناظر جذاب طبیعی ایجاد می کند. استفاده از الگوریتم‌های هوش مصنوعی و یادگیری ماشین در کنار یک سیستم مدیریت GIS می تواند برای بدست آوردن تصاویر ماهواره ای جهت نظارت و شناسایی خودکار فاضاهای سبز و بهبود محیط‌های شهری مقرون به صرفه باشد و نقش مهمی در بهبود زندگی شهری ایفا می کند. شکل ۵ یک تصویر ماهواره ای از مناطق شهری دبی در سال ۲۰۱۶ است.

[2] GoldenEye
[2] VTT Technical Research Center of Finland



www.SID.ir

**شکل ۵. تصویری از مناطق شهری دبی در سال ۲۰۱۶ (Satellite Imaging Corporation, 2016)**

استفاده از تصاویر ماهواره ای با وضوح متوسط یا بالا و مدل‌های زمین دیجیتال می تواند به توسعه دهندگان شهری و مدیران برای توسعه شهری پایدار در محیط‌های شهری متراکم از طریق جمع آوری جزئیات با وضوح بالا کمک کرده و به مدیران برای طراحی مناسب شهرها به جهت جلوگیری از وقوع حوادثی مانند سیل یاری رسان باشد. داده‌های تصاویر ماهواره ای تجزیه و تحلیل دقیقی را با به روز رسانی نقشه‌های GIS و شناسایی تغییرات عمده در پوشش زمین شهری و کاربری زمین فراهم می کند که با لحاظ توالی‌های زمانی مختلف، امکان طبقه بندی مناطق و شناسایی مناطق پایدار از نظر زیست محیطی را فراهم می سازد.

تصاویر هوایی به کمک الگوریتم‌های هوش مصنوعی و سیستم‌های مدیریت GIS پشتیبانی دقیقی برای موارد زیر فراهم می کند:

- به روز رسانی اطلاعات در مورد شبکه‌های جاده ای و سایر زیرساخت‌های شهری؛
- جمع آوری و تجزیه و تحلیل داده‌ها در مورد تراکم، توزیع و رشد جمعیت؛
- تهیه نوع شناسی مسکن؛
- تجزیه و تحلیل حوزه‌های آبخیز؛
- توسعه چشم انداز؛
- مدل سازی سه بعدی؛
- مدل سازی زیرساخت؛
- ارزیابی اثرات زیست محیطی (Feltynowski et al, 2018; Satellite Imaging Corporation, 2016).



www.SID.ir

Archive of SID

### ۳- کاربردهای فضا در فضا

بسیاری از کاربردهای نوظهور فضا در فضا امروزه برای اولین بار در دسترس هستند چون هزینه کمتر پرتاب‌های بیشتر و ماموریت‌های طولانی تر را از نظر مالی امکان بیشتر امکان پذیر کرده است.
چند مورد از این کاربردها به شرح زیر است:

#### 3-1- تحقیق و توسعه

تحقیق و توسعه در فضا کاربرد جدیدی نیست اما به طور معمول کسب‌وکارهای خارج از حوزه هوافضا در این زمینه پروژه‌های بزرگ تعریف نمی کردند اما با کاهش قیمت و فناوری‌های بهتر این امر می تواند تغییر کند و بررسی‌ها نشان می دهد این تغییر در حال رخ دادن است. در میان کاربردهای مختلف، شرکت‌های دارویی می توانند کشت‌های سلولی برای پیش بینی مدل‌های بیماری انجام دهند. در حالیکه کشت‌های سلولی در الگوهای شناخته شده ای روی زمین رشد می کنند، محیط جدید فضا می تواند منجر به تغییر در الگوهای رشد در فضا شده و بینش‌های جدیدی را ایجاد کند. به طور مشابه شرکت‌های کالاهای مصرفی ممکن است بخواهند محصولاتی را در فضا توسعه دهند، جایی که سطوح بالای تشعشع، وضعیت تقریبا خلا مانند و گرانش صفر ممکن است طراحی و ساخت را بهبود بخشد (Pietsch et al, 2017; McKinsey & Company, 2022).



#### 3-2- تولید، ساخت و مونتاژ

وسایل پرتاب فوق سنگین مانند استارشیپ اسپیس ایکس[۲۳]ممکن است ساخت کارخانه و برنامه‌های تولید در سیاره‌ها را آسان تر کند. برخی شرکت‌های نیمه‌هادی در حال بررسی پتانسیل ایجاد تراشه در چنین تاسیساتی هستند زیرا خلا طبیعی فضا به طور بالقوه می تواند تکنیک‌های نوآورانه لایه نازک[۲۴]را با کاهش یا حذف گازها در طول فرایند تولید تسهیل کند (Girish et al, 2022; McKinsey & Company, 2022).

#### 3-3- اکتشاف و سکونت در فضا

در صورت ادامه پیشرفت‌های فناوری مانند نیروی محرکه هسته ای، اشکال نوآورانه کاوش در اعماق فضا از جمله ماموریت‌های خدمه به مریخ ممکن است امکان پذیر شود. برخی رهبران مانند جف بیزوس[۲۵]از شرکت بلواوریجینز[۲۶]قبلا می گفتند که تعداد زیادی از مردم حتی ممکن است بتوانند در فضا زندگی و کار کنند. عناوین اخیر در مورد گردشگری فضایی ممکن است اولین نشانه این باشد که فضا دیگر در اختیار چند فضانورد با دقت انتخاب شده نیست (McKinsey & Company, 2022).

### ۴- بحث و نتیجه‌گیری

با توجه به کاهش هزینه‌های فضایی و افزایش دسترسی به آن، این صنعت دیگر تنها در اختیار شرکت‌های بزرگ هوافضا یا سازمان‌های دولتی با بودجه‌های کلان نیست و تبدیل به عرصه ای شده است که می تواند مزایای بسیاری را، چه در زمین و چه در فضا، برای هر بخش تجاری ارائه دهد. در صنایع مختلف، از داروسازی گرفته تا نیمه‌هادی‌ها، بسیاری شرکت‌ها در حال گسترش قابلیت‌های فضایی خود، کاوش موارد استفاده جدید، یا اجرای آزمایشی برنامه‌های کاربردی نوآورانه در این زمینه هستند. در چند سال آینده،

---

2 SpaceX’s Starship
2 Thin layering techniques
2 Jeff Bezos
2 Blue Origin
3
4
5
6

www.SID.ir

ممکن است این حرکت‌های اولیه کسب‌وکارها را با مشاغلی مقایسه کنند که پتانسیل اینترنت را در اوایل دهه ۱۹۹۰ شناسایی کردند و به سرعت برای بهره برداری از آن اقدام کردند. هرچند چالش‌های پیش رو عرصه فضا اعم از فنی، مالی و غیره را نمی‌توان دست کم گرفت، اما ظرفیت‌های موجود در این عرصه می تواند نیروی محرکه قدرتمندی برای حضور تمامی ذی نفعان بخصوص کسب‌وکارهای خصوصی در این عرصه باشد. به نظر می رسد کسب و کارهایی که ظرفیت‌های فضا را به دلیل چالش‌های کنونی یا دست کم گرفتن فرصت‌های پیش رو نادیده می گیرند، در آینده ای نه چندان دور به مجبور به پیروی از رهبران این صنعت و پیشگامان خواهند بود.

## منابع

Benami, E., & Carter, M. R. (2021). Can digital technologies reshape rural microfinance? Implications for savings, credit, & insurance. Applied Economic Perspectives and Policy, 43(4), 1196-1220.

Bhutta, M. N. M., & Ahmad, M. (2021). Secure identification, traceability and real-time tracking of agricultural food supply during transportation using internet of things. IEEE Access, 9, 65660-65675.

Caribou Space for Development. (2022). **UK Space Agency International Partnerships Programme.** https://www.spacefordevelopment.org/wp-content/uploads/2022/11/IPP-Endline-Case-Study-FINAL.pdf.

Cracknell, A. P., & Varotsos, C. A. (2007). Editorial and cover: Fifty years after the first artificial satellite: from sputnik 1 to envisat.

EOS DATA ANALYTICS. (2020). **Use Of Satellite Remote Sensing In The Mining Industry.** https://eos.com/blog/use-of-satellite-remote-sensing-in-the-mining-industry/.

ESA. (2016). **Monitoring pipelines from space.** https://www.esa.int/Enabling_Support/Preparing_for_the_Future/Space_for_Earth/Energy/Monitoring_pipelines_from_space.

Feltynowski, M., Kronenberg, J., Bergier, T., Kabisch, N., Łaszkiewicz, E., & Strohbach, M. W. (2018). Challenges of urban green space management in the face of using inadequate data. Urban forestry & Urban greening, 31, 56-66.

Girish, T. E., Anupama, G. M., & Lakshmi, G. (2022). Automated electronic integrated circuit manufacturing on the Moon and Mars: Possibilities of the development of bio-inspired semiconductor technologies for space applications. In Biomimicry for Aerospace (pp. 459-475). Elsevier.

GoldenEye. (2020). **Project GoldenEye: eveloping Golden AI platform for mine site monitoring.** http://www.goldeneye-project.eu/

INNOTER. (2022). **Monitoring the condition of pipelinesb ased on satellite imagery.** https://innoter.com/en/articles.

JAXA. (2012). **Report on JAXA's Response to the Great East Japan Earthquake.** https://earth.jaxa.jp/files/antidisaster/20110311report-e/311report0_e.pdf.

Le, B. T., Xiao, D., Mao, Y., He, D., Zhang, S., Sun, X., & Liu, X. (2018). Coal exploration based on a multilayer extreme learning machine and satellite images. IEEE Access, 6, 44328-44339.

Li, X., Liu, B., Zheng, G., Ren, Y., Zhang, S., Liu, Y., ... & Wang, F. (2020). Deep-learning-based information mining from ocean remote-sensing imagery. National Science Review, 7(10), 1584-1605.

McKinsey & Company. (2022). **How will the space economy change the world?** https://www.mckinsey.com/industries/aerospace-and-defense/our-insights/how-will-the-space-economy-change-the-world#/.

McKinsey & Company. (2022). **Why on earth should business care about space?** https://www.mckinsey.com/capabilities/mckinsey-digital/our-insights/why-on-earth-should-business-care-about-space.

NEC. (2020). **Applying Satellite Technology for Disaster Prevention and Safety** https://www.nec.com/en/global/insights/article/2020091802/index.html.

Pekkanen, S. M., Aoki, S., & Mittleman, J. (2022). Small satellites, big data: Uncovering the invisible in maritime security. International Security, 47(2), 177-216.



www.SID.ir

Pietsch, J., Gass, S., Nebuloni, S., Echegoyen, D., Riwaldt, S., Baake, C., ... & Grimm, D. (2017). Three-dimensional growth of human endothelial cells in an automated cell culture experiment container during the SpaceX CRS-8 ISS space mission–The SPHEROIDS project. Biomaterials, 124, 126-156.

Satellite Imaging Corporation. (2016). **Urban Planning.** https://www.satimagingcorp.com/applications/environmental-impact-studies/urban-planning/.

Satellite Imaging Corporation. (2022). **Improve Safety and Security for Pipeline and Transmission Surveys.** https://www.satimagingcorp.com/applications/environmental-impact-studies/urban-planning/.

Tian, G., Meng, S., Bai, X., Liu, L., Zhi, Y., Zhao, B., & Meng, L. (2020, December). Research on Monitoring and Auxiliary Audit Strategy of Transmission Line Construction Progress Based on Satellite Remote Sensing and Deep Learning. In 2020 2nd International Conference on Information Technology and Computer Application (ITCA) (pp. 73-78). IEEE.

Townsend, L., Wallace, C., & Fairhurst, G. (2015). 'Stuck out here': The critical role of broadband for remote rural places. Scottish Geographical Journal, 131(3-4), 171-180.

UK SPACE AGANCY. (2018). **UK Space Agency International Partnerships Programme Space for Agriculture in Developing countries.** https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/736211/6.4502_UKSA_SPACEUK_Solutions_for_Agriculture_220818_CMYK_web.pdf.

Vos, R., & Bellù, L. G. (2019). Global trends and challenges to food and agriculture into the 21st century. Sustainable food and agriculture, 11-30.

Wyld. (2023). **Satellite IoT in the Energy Sector.** https://wyldnetworks.com/blog/satellite-iot-in-the-energy-sector.

Xu, X., & Sun, Z. (2021). Digital Technology Empowers Grain Supply Chain Optimization Simulation. Complexity, 2021, 1-12.



www.SID.ir