

(علمی-ترویجی)

آینده‌پژوهی در گیاه-فضا و سفرهای آینده فضایی

این مقاله با رویکرد آینده‌پژوهی و زیست‌فضا با توجه به گسترش علوم میان رشته‌ای به بررسی آینده سفرهای فضایی می‌پردازد. بنابراین، متناسب با جهش‌های علمی و فناوری، به خصوص در علوم میان رشته‌ای، مانند زیست‌فضا و دانش آینده‌پژوهی، به بررسی تغییر و تحولات سفرهای فضایی پرداخته شده است. محققان برای شناخت و ساختن آینده حضور انسان در فضا نیازمند فهم سناریوهای محتمل در سفرهای فضایی هستند. در مقاله حاضر به تأثیر پیشرفت‌های همسوی زیست‌شناسی و مهندسی هوافضا در ارتقای دانش زیست‌فضا پرداخته شده است. در این راستا، سازمان‌های فضایی با طرح‌های مختلفی قصد اعزام و اسقرار انسان روی ماه و سیاره مریخ را دارند. بنابراین، قصد کاشت گیاه در فضا به صورت مزارع فضایی از افق‌های آینده بشر امروز است که منجر به پیشرفت انسان در علوم مختلف خواهد شد.

واژه‌های کلیدی: گیاه-فضا، آینده‌پژوهی، سفرهای فضایی، زیست‌فضا

ایمان شافیعی نژاد^{۱*}، شراره
قا سمی^{۲**}، علی محمودی^{۳***}، رضا
صفرزاده^{۳**}

۱- پژوهشگاه هوافضا، وزارت علوم،
تحقیقات و فناوری، تهران، ایران، کدپستی:
۱۴۶۶۵-۸۳۴

۲- دانشگاه پلی تکنیک مادرید، مادرید،
اسپانیا

۳- گروه مهندسی هوافضا، دانشکده فنی و
مهندسی، دانشگاه آزاد واحد علوم و تحقیقات
تهران، ایران

* استادیار (نویسنده پاسخگو)، ایمیل:

shafieenejad@ari.ac.ir

** دانش آموخته دکتری

*** استادیار

Futurology in Astrobotany and Future Space Travels

Nowadays, astrobiology, as an interdisciplinary science in the field of space futures studies, has been widely considered by futurists and planning for future scenarios has received special attention. This article introduces the knowledge of future studies, as well as living in space with regard to the development of interdisciplinary sciences. Futurology is a scientific method for examining the future and adapting to scientific and technological leaps. Understanding possible scenarios for future is required for recognizing and building it. Therefore, Astrobiology is one of the most influential interdisciplinary sciences in the future of mankind and is influenced by developments in line with biology and aerospace engineering. In this regard, space organizations have different plans aiming to send humans to the moon and to the planet Mars. Therefore, the plan to grow plants in space in the form of space farms is one of the future visions of human beings leading to human progress in various sciences.

Keywords: Astrobotany, Futurology, Space Travel, Astrobiology

I. Shafieenejad^{1*}, Sh. Ghasemi^{2**},
A. Mahmoodi^{3***}, and R.
Safarzadeh^{3**},

1- Aerospace Research Institute,
Ministry of Science, Research,
and Technology, Postal Code:
14665-834, Tehran, IRAN

2- Polytechnic University of
Madrid, Madrid, Spain

3- Department of Aerospace
Engineering, Faculty of
Engineering, Science and
Research Branch, Islamic Azad
University, Tehran, Iran

* Assistant Professor (Corresponding
Author): Email:

shafieenejad@ari.ac.ir

** Ph.D. Holder

*** Assistant Professor

(علمی-ترویجی)

ایمان شفیعی نژاد، شراره قاسمی، علی محمودی و رضا صفرزاده

۱- مقدمه

آپولو ۱۱ یکی از مأموریت‌های فضایی بود که منجر به فرود نخستین انسان بر کره ماه شد. بنابراین، از همان زمان تلاش انسان در پی اعزام و استقرار بر روی کرات و سیارات منظومه شمسی مورد توجه گسترده قرار گرفت. از این‌رو، انسان سوالاتی را در خصوص ادامه حیات در فضا مطرح نمود که یکی از آن سوالات این بود که با وجود تنش‌های غیرزنده محیطی چگونه امکان رشد گیاه در فضا را فراهم آورد و بر آن غلبه نماید. با توجه به آزمایشات اخیر که توسط چین با عنوان مأموریت چانگ-۴ بر روی کره ماه انجام گرفت، ضرورت صرفه اقتصادی جهت ارسال مواد غذایی مورد توجه دانشمندان قرار گرفته است. با توجه به گسترش فناوری در دنیا جهت اعزام انسان به مریخ تا سال ۲۰۳۰ این امر مورد توجه خواهد بود. در واقع زیست‌فضا، یک دانش میان رشته‌ای است که با منشاء تکامل اولیه، توزیع و آینده زندگی در جهان سر و کار دارد. زیست‌فضا این سؤال را مطرح می‌کند که آیا زندگی فرای زمین می‌تواند وجود داشته باشد یا خیر؟ زیست‌فضا از زیست‌شناسی مولکولی، بیوفیزیک، بیوشیمی، شیمی، مهندسی فضایی، نجوم، کیهان‌شناسی و زمین‌شناسی استفاده می‌کند تا امکان زندگی در فرای زمین را مورد بررسی قرار دهد و به شناخت سفرهایی که ممکن است متفاوت باشد کمک نماید [۱].

از طرف دیگر، غلبه بر تنش‌های محیطی وارده از فضا مانند میکروگرانش^۱ و هایپرگرانش^۲، تشعشعات فضایی^۳ و ارتعاش^۴ مورد توجه تحقیقات اخیر سازمان‌های فضایی است. در واقع میکروگرانش به شتاب بسیار کوچکتر از یک واحد g یا ۹/۸۱ متر بر مجذور ثانیه گفته می‌شود. در کنار آن هایپرگرانش بیان‌کننده شتاب بسیار بیشتر از یک واحد g است. تشعشعات فضایی متضمن تشعشعات خورشیدی و کیهانی است که در محیط فضا قرار دارد (برای توضیحات بیشتر به مرجع [۲] رجوع شود). تغییرات نیروی گرانشی یکی از عوامل محیطی است که بر رشد گیاهان تأثیر می‌گذارد. تغییرات در نیروی گرانشی، از جمله میکروگرانش، یکی از عوامل تنش‌های مکانیکی وارد شده بر گیاهان در سفرهای فضایی است. میکروگرانش تأثیرات اجتناب‌ناپذیری بر گیاهان در طول سفرهای فضایی دارد. همچنین، می‌تواند به عنوان عامل مهم برای ایجاد خطرات بالقوه سلامت در نظر گرفته شود. از طرف دیگر، تنش‌های فوق اثرات مخربی بر بذره‌های گیاهانی دارد که قرار است جهت ادامه حیات به فضا برده شوند و مورد پژوهش قرار گیرند.

بنابراین، گیاهان باید برای مقابله با آن سازگار شوند. این نوع تنش می‌تواند منجر به تغییرات ظاهری مختلف در ساختارهای گیاهی شود. به عنوان مثال، تغییرات ژنی، تغییرات مورفولوژیکی و یا تغییر در بیان ژن را می‌توان اشاره کرد. نتایج آزمایش‌های سفرهای فضایی با مأموریت بررسی عملکرد گیاهان در فضا به وضوح نشان می‌دهد که تنش‌های محیطی وارده مانند میکروگرانش تأثیر قابل توجهی بر رشد و فیزیولوژی گیاهان داشته و موجب تغییراتی در بیان ژن‌های گیاهی می‌شوند. از این‌رو، میکروگرانش تأثیر بالقوه‌ای بر فرآیندهای رشدی و نمو گیاه دارد [۲].

علاوه بر نگرانی عمده مبنی بر کاهش عملکرد به علت تغییر بافت فیزیولوژی، نگرانی دیگری مبنی بر اینکه گیاهانی که در میکروگرانش رشد می‌کنند بیشتر به میکرو ارگانسیم‌ها حساس‌اند، وجود دارد. نتایج تحقیقات نشان می‌دهد، میکروبهایی که می‌توانند گیاهان را تحت تأثیر قرار دهند، اغلب از سخت‌افزارهای ایستگاه فضایی جدا شده و شواهدی از آلودگی‌های میکروبی گیاهان در محیط سامانه فضایی به دست آمده است. این موضوع به خصوص در تحقیقات اولیه در این حوزه به واسطه عدم آگاهی از ایجاد شرایط ضد میکروب مشاهده شده است. بنابراین، گیاهانی که تحت تأثیر میکروگرانش قرار دارند، پاسخ‌های غیرقابل انتظاری به میکروب‌ها نیز داده‌اند که با پاسخ آنها در شرایط گرانش زمین متفاوت است [۳].

بررسی اثرات تابش در فضا از دیگر زمینه‌های مهم مورد توجه پژوهشگران فضایی است. گیاهان نظیر سایر موجودات زنده در فضا تحت تأثیر تشعشعات کیهانی^۵ و ذرات باردار خورشیدی^۶ هستند. عوامل یاد شده برای حیات موجودات زنده بسیار خطرناک می‌باشند و برای گیاهان به عنوان تنش‌های مخرب تشعشعی شناخته می‌شود. طیف GCR در درجه اول از پروتون‌های با انرژی بالا و هسته‌های اتمی، یعنی حدود ۸۷ درصد پروتون‌های انرژی بالا، ۱۲ درصد ذرات آلفا و ۱ درصد یون‌های سنگین‌تر از آهن تشکیل شده است. SPE از پروتون‌های انرژی متوسط و پایین و ذرات آلفا تشکیل شده است. سفرهای متعدد فضایی و شبیه‌سازی بر روی زمین دانش را در مورد اثرات بیولوژیکی تنش‌های وارده بر موجودات زنده و گیاهان افزایش داده است. این تحقیقات کمک شایانی به انسان و حیات موجودات زنده از منظر سفرهای فضایی خواهد کرد. میزان تشعشعات فوق در دو حوزه اطراف زمین تحت نام کمربندهای ون آلن بسیار مورد توجه دانشمندان فضایی است [۴].

1. Microgravity
2. Hypergravity
3. Space Radiation
4. Vibration
5. Galactic Cosmic Radiation (GCR)
6. Solar Particle Event (SPE)

متداول، وارد است. روش تحلیل تأثیر روند، روش‌های عددی را پایه‌هایی برای پیش‌بینی‌های خود قرار می‌دهد اما با استفاده از رخدادهای محتمل‌الوقوع در آینده از دید کارشناسان عموماً استفاده از روش دلفی سعی در بهبود پیش‌بینی کمی اولیه دارد. تحلیل تأثیر روند، یکی از پرکاربردترین روش‌های آینده‌پژوهی است، از این روش می‌توان برای پیش‌بینی، برنامه‌ریزی‌های احتمالی، تحلیل گزینه‌های سیاسی، برنامه‌ریزی استراتژیک و سناریونویسی استفاده کرد [۹].

مطالعات آینده را می‌توان به طور معمول با سه عامل در مقایسه با تحقیقاتی که توسط سایر رشته‌ها انجام می‌شود، متمایز نمود که عبارتند از: آینده ممکن، آینده باورپذیر و آینده محتمل که توسط مطالعات آینده‌پژوهی بررسی می‌شوند. به طور کلی، تلاش می‌شود مطالعاتی منظم، ادارکی جامع و سیستماتیک بدست آید. انسان در همه دوران به دنبال رویای خلاق و مبتکر بوده و است. آینده‌پژوهی پس از جنگ جهانی دوم جامع‌تر شد و دانشمندان زیادی به آن برای ظهور مطالعات آینده به عنوان یک رشته دانشگاهی نگاه نمودند تا اینکه در اواسط دهه ۱۹۹۰ میلادی این رشته به عنوان یک رشته دانشگاهی توانست اعتبار لازم را کسب نماید به مدت ۴ دهه تحقیقات مدیریتی با این سوال روبرو بوده است که سازمان‌ها در محیط‌هایی که به طور فزاینده‌ای غیرقابل پیش‌بینی هستند و می‌توانند ضمن آمادگی برای آینده برای امروز مدیریت کنند. ابزارها و سیستم‌های مدیریتی با عنوان اسکن محیطی، مدیریت استراتژیک، نظارت بر روند و هشدار اولیه معرفی شدند که بعدها در اواخر دهه ۱۹۸۰ با دوراندیشی دنبال شد. بنابراین، پیش‌بینی‌های استراتژیک نیازمند شناخت تغییر روندهایی است که احتمالاً آینده یک سازمان و محیط آن را تحت تأثیر قرار می‌دهد. در حالی که در گذشته این فعالیت‌ها عمدتاً مربوط به پرهیز از بحران و تأمین وضعیت موجود بود، مدیریت ارشد امروز شناسایی زود هنگام روندها را عامل دستیابی و حفظ مزیت رقابتی می‌داند. در نتیجه، بکر و فریمن^۴ به اهمیت روندها برای ایجاد فرصت‌های شغلی جدید اشاره کردند که عبارت بود از: «توانایی یک دستگاه اجرایی برای مطالعه دقیق روندها در یک محیط تجاری که به سرعت در حال تغییر است می‌تواند تمام تفاوت را بین سوار کردن جریان‌های فرصت و دست و پا زدن به بالادست علیه آن‌ها ایجاد کند». بنابراین، درک عمیق از

اولین فعالیت‌های آینده‌پژوهی^۷ در قالب یک تحلیل علمی در زمینه جامعه‌شناسی توسط یک گروه به سرپرستی ویلیام اف آگبرن^۸ انجام شد. به واسطه این تحقیق علمی اولین نقشه روندها^۹ در آینده‌پژوهی شکل گرفت. در این راستا می‌توان به یکی از مشهورترین روش‌های آینده‌پژوهی به نام دلفی نام برد. در روش دلفی خبرگان فناوری‌های مختلف، تحولات جدید را مورد توجه و پرسش جمعی قرار می‌دهند. بنابر روش دلفی، پیشرفت در زمینه علوم فضایی و دانش زیست‌فضا به عنوان روندهای آینده علم و فناوری مد نظر قرار گرفته اند. نتایج حاصل از آینده‌پژوهی در پیش‌بینی ظهور فناوری‌های دهه‌های آینده بسیار دقیق بوده و براساس آن نقشه روندهای پیشرفت و فناوری به دست می‌آید [۸-۵].

هدف از این مقاله بیان محتمل بودن شرایط موجود در آینده علم زیست‌فضا است. در ابتدا به معرفی دانش آینده‌پژوهی پرداخته می‌شود. در ادامه، به معرفی زیست‌فضا و تنش‌های محیطی وارده از فضا پرداخته خواهد شد و لزوم توجه به آن مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۲- تعریف آینده‌پژوهی

آینده‌پژوهی روش علمی شناخت و ساخت آینده است. برای شناخت و ساخت آینده نیاز به فهم سناریوهای مختلف محتمل است. آینده‌پژوهی همه جنبه‌های حال حاضر و اینکه چگونه این عرصه‌ها انتظار است در آینده نزدیک اتفاق بیفتند را شکل می‌دهد. در اصطلاح به آن آینده احتمالی می‌گویند، به عبارتی تفکری که تعیین‌کننده شرایط احتمالی آینده است. می‌توان بیان داشت که این رشته به دنبال یک بررسی منظم از زمان‌های گذشته، حال و ساختن آینده است. اوسپ کی فلچهام^{۱۱}، پروفیسور آلمانی آینده‌پژوهی را مطالعه آینده تعریف می‌کند. از طرفی، پروفیسور هنری دیوید^{۱۲} آینده‌پژوهی را چنین تعریف می‌کند، «یک ساختار فکری که در آن جامعه، آینده‌های احتمالی را به خود اختصاص می‌دهد». روش تحلیل تأثیر روند در اوایل دهه ۷۰ میلادی توسط گوردون^{۱۳} پدید آمد. در آن زمان، روش‌های کمی براساس داده‌های تاریخی و از طریق برون‌یابی روند با هدف ایجاد پیش‌بینی استفاده می‌شد، اما چنین روش‌هایی تأثیر اتفاقات غیرمنتظره در آینده را نادیده می‌گرفتند. این اشکالات برای تمام روش‌های کمی که فقط به داده‌های تاریخی وابسته هستند، از سری‌های زمانی گرفته تا دیگر روش‌های

7. Futures Study

8. William F. Ogburn

9. Trends

10. Delphi

11. Ossip K. Flechtheim

12. Henry David

13. Gordon

14. Becker and Freeman

- وقوع رویدادها باید مستقل از هم در نظر گرفته شود.
- بیشترین تأثیر، حالت پایدار، زمان تا بیشترین تأثیر و زمان تا حالت پایدار چهار پارامتری هستند که باید مشخص شوند.

تأثیر رویدادها مختلف در هم ضرب می‌شود. به عنوان مثال، پیش‌بینی تصحیح شده برابر است با پیش‌بینی پایه ضرب در احتمال وقوع رویدادها [۱۱].

۲-۲- مزایا و معایب روش تحلیل اثر

مزایا: یکی از مهمترین مزایای این روش نیاز به مشخص کردن این است که چه رویدادهایی در آینده اثرگذار خواهند بود. تحلیلگر به جای اینکه بگوید که «به نظر من این رویدادها اثرگذار خواهند بود»، می‌تواند بگوید «این رویدادهایی است که در نظر گرفته‌ام». سپس، کارشناسان وارد خواهند شد و در مورد پیش‌بینی تحلیلگر، رویدادهای در نظر گرفته شده و احتمال رخداد آنها و تأثیراتشان بحث خواهند کرد. این بحث و تبادل نظر باعث می‌شود که موضوع بسیار با جزئیات بررسی شود. رویدادها و قضاوت درباره آنها می‌توانند یک سناریو را بسازند. در واقع تحلیل تأثیر روند می‌تواند کمیت را به یک سناریو اضافه کند. تحلیل تأثیر روند به جای تنها یک پیش‌بینی، یک بازه را پدید می‌آورد، عدم قطعیت می‌تواند در تجزیه و تحلیل تصمیم در نظر گرفته شود. از این رو، این تحلیل تأثیر روند با روش‌های تحلیل ریسک بسیار انطباق‌پذیر است [۱۲].

معایب: فهرستی که از رویدادها تهیه می‌شود همیشه کامل نیست. حتی اگر فهرست کامل باشد، نمی‌توان با قطعیت گفت که احتمالات و تأثیراتی که از طریق قضاوت به دست آمده‌اند، دقیق هستند. چنین فهرستی در واقع انتظارات و فرضیات ماست از آینده که می‌توانند صحیح باشند یا نباشند [۱۳].

۲-۳- عناصر آینده‌پژوهی

عناصر آینده‌پژوهی عبارتند از:

- ارزیابی روند: ارزیابی، مهارت‌ها را به رسمیت می‌شناسد تا جهت‌گیری روند فعلی و ابعاد نامشخص آن و عواقب احتمالی آن‌ها را بر روی یکدیگر تعیین نماید و به روشی مناسب پاسخ دهد،
- تشخیص الگو: توانایی شناسایی الگوها به عنوان عوامل تعیین‌کننده اصلی و
- چشم‌انداز سیستم: توانایی در نظر گرفتن کل سیستم در مقایسه با مؤلفه‌های فردی است.

ماهیت روندها برای پیش‌بینی استراتژیک ضروری است. اگر روند به طور کامل درک نشود، مشاغل ریسک می‌کنند که استراتژی‌های ناکافی را به دلیل عدم اطلاعات ارائه دهند [۱۰].

۱-۲- برخی از روش‌های آینده‌پژوهی

برخی از مهم‌ترین روش‌های آینده‌پژوهی عبارتند از:

- روش دلفی: یک روش کاملاً تکنیکی که مورد علاقه پژوهشگران آینده‌پژوهی است. این روش برای پیکربندی فرایند ارتباط یک گروه مشخص است. در این روش گروهی از افراد برای شناخت و ساختن آینده گرد هم جمع شده و براساس تنظیم پرسشنامه‌های مشترک به جمع‌سپاری روندهای آینده می‌پردازند.
- تجزیه و تحلیل لایه‌بندی شده علیتی: این روش برای باز نمودن وقایع پیشین و ساخت آینده جایگزین است.
- برنامه‌ریزی سناریو: یک تصویر احتمالی از ظرفیت‌های ممکن آینده را ترسیم و سناریونویسی می‌کند.
- تجزیه و تحلیل مورفولوژیکی: بررسی دقیق کلیه قطعه‌نامه‌های ممکن برای موانع پیچیده که ممکن است شامل ابعاد و ساختارها در مقیاس‌های مختلف باشد.
- تاریخ آینده: یک گزارش از آینده است که به پیش‌فرض‌ها کمک می‌کند.
- تحلیل محتوا: معمولاً بر مرور روش‌مند یا استاندارد از جنبه‌های خاص یک موضوع مورد استفاده قرار می‌گیرد.
- روش دلفی آنالین نسبت به روش مرسوم دلفی مزیت‌های زیر را دارد:
 - به طور چشمگیری در زمان و هزینه صرفه‌جویی می‌شود،
 - خبرگان در هر زمان به سایت دسترسی دارند و
 - انعطاف‌پذیری در تعداد شرکت‌کنندگان و توانایی اعمال آن در مشکلاتی که به شکل ماتریس فرمول‌بندی شده‌اند. فرایند استخراج دانش نیازمند توافق روی مفاهیم و ویژگی‌های هر حوزه است که به دلیل تفاوت در تخصص افراد، رسیدن به اجماع ممکن است مشکل شود.
- فرض‌هایی که در روش تحلیل تأثیر روند باید در نظر گرفت عبارتند از:
 - سه درجه‌بندی کیفی شامل کم، متوسط و زیاد برای رویدادها باید در نظر گرفته شود.
 - هر رویداد فقط یکبار می‌تواند در هر سال اتفاق بیفتد. بنابراین، در هر سال باید برای رویدادها احتمال وقوع سه درجه کیفی مشخص شود. جمع این سه احتمال باید کمتر از یک باشد.

راهبردهای بلند مدت تدوین نمایند. دانش زیست‌فضا به عنوان یک حوزه فناوری پیشرفته از زمان آغاز فعالیت‌های آینده‌پژوهی فضایی در نظر گرفته شده است. اکتشافات و فعالیت‌های فضایی پیشرفته مانند زیست‌فضا منجر به بروز زمینه‌ رشته‌های دانشگاهی جدید به خصوص در زیست‌شناسی و بیوتکنولوژی شده است [۱۶-۱۴]. نوآوری‌ها در تقاطع رشته‌ها رخ می‌دهند که زیست‌فضا نمونه خوبی از آن است. برنامه‌های فضایی دنیا نشان می‌دهند که تقریباً نیمی از مأموریت‌های آینده‌فضا به صورت مستقیم و غیر مستقیم مربوط به حوزه زیست‌فضا است. علاوه بر آن، برنامه‌ آگرو مارس^۵ که به عنوان برنامه چشم‌انداز کیهانی زیست‌فضا ذکر شده است، به طور کامل در برنامه حیات اروپا و دانش فیزیک ادغام شده است. اندیشکده آینده‌پژوهی سازمان فضایی اروپا به تیم‌های تحقیقاتی اجازه داده است تا به آزمایشگاه‌های ایستگاه فضایی بین‌المللی دسترسی داشته باشند. این تسهیلات نصب شده در فضا امکان قرار گرفتن نمونه‌های بیولوژیکی و ترکیبات آلی را در معرض عوامل محیطی فضا برای بررسی تنش‌های گرانشی، تشعشعی و ارتعاشی به طور همزمان می‌دهد. همچنین، تعیین بوجه‌های بالا برای مأموریت‌های زیست‌فضا حاکی از حمایت آینده این علم براساس پافشاری اندیشکده آینده‌پژوهی سازمان فضایی اروپا است.

۴- زیست - فضا

کشت گیاه همیشه موضوعی بوده که بشر در پی آن بوده است. انسان همیشه به دنبال کشف و بهره‌برداری از فضا و گسترش حوزه دسترسی خود است و بارها این موضوع را در کره ماه آزموده است. از ابتدای تحقیقات فضایی این سوال مطرح بوده است که آیا در کره ماه به علت نزدیکی به زمین آب وجود دارد و آیا امکان کشت گیاه در آن می‌باشد؟ حال که دوره ۴۰ ساله اکتشافات ماه به سر رسیده براساس اسناد آینده‌پژوهی در حوزه فضا، با ابزارهای جدید علمی و خصوصاً علوم میان رشته‌ای مانند زیست‌فضا و اختر فیزیک احتمال حیات گیاهی و جانوری در سیارات دیگر محتمل دانسته شده است. در این راستا، سلامت و ایمنی آینده‌فضانوردان از قبیل کاهش فشار خون و بالابردن سیستم ایمنی بدن، تغذیه و درمان از طریق گیاهان دارویی مورد توجه است [۱۹-۱۷]. با توجه به لزوم استفاده از گیاهان در فضا مانند سلامت و ایمنی آینده‌فضانوردان، احتمالاً شرایطی در فضا ایجاد خواهد شد که گیاهان با وجود تنش‌های غیرزیستی نیز بتوانند رشد نمایند. یکی از اهداف اصلی و نزدیک آینده‌فضایی کاوش برای جستجو زندگی روی سیاره سرخ است. با توجه به راهبردهای کلان سازمان‌های بزرگ فضایی دنیا این امر در سال ۲۰۳۰ احتمالاً محقق خواهد شد. همچنین، در

پژوهش در آینده با هدف تقویت عمل پیش‌بینی ادراک، مکانیسم‌ها و رویه‌ها است و این پژوهش‌ها به دانشمندان اجازه می‌دهد تا فرضیات دوردست آینده را بررسی نمایند. هدف پژوهش در آینده، آماده‌سازی برای آینده است و نه امروز. آینده‌پژوهان می‌توانند با جهان قدم بردارند.

بسیاری از محققین چه در حوزه آینده‌پژوهی و چه در دیگر حوزه‌ها از روش تحلیل روند برای پیش‌بینی استفاده می‌کنند. دلیل این امر آن است که در بررسی هر موضوعی همیشه با روندها مواجه خواهیم شد و این روندها عموماً از داده‌های تاریخی حاصل می‌شوند و این امر مختص به حوزه آینده‌پژوهی نیست. همچنین سهولت استفاده، این روش را به یکی از پرکاربردترین روش‌ها بدل ساخته است. اما یک اشکال عمده وجود دارد و آن این است که در تحلیل روند فرض بر آن است که آینده ادامه روند کنونی است و تأثیر روندها و وقایع احتمالی در آینده نادیده گرفته می‌شود. تحلیل تأثیر روند روش جدیدی ارایه می‌کند تا بتوان به طور همزمان از مزایای هر دو نوع روش‌های کمی و کیفی پیش‌بینی سود برد و از قطعیت موجود در روش‌های کمی کاست. همچنین، نتیجه نهایی که از تحلیل تأثیر روند حاصل می‌شود می‌تواند به ما در نوشتن سناریو کمک کند. بررسی‌ها نشان می‌دهد که این روش در عالیترین سطوح مدیریتی آمریکا استفاده شده است و این امر خود به کارایی این روش اعتبار می‌بخشد. همچنین، از آنجاکه این روش ماهیت مشارکتی دارد، می‌تواند در سطوح عالی سیاست‌گذاری، مدیریتی و تصمیم‌گیری کشورمان مورد استفاده قرار گیرد [۱۳].

۳- نقشه راه آینده‌پژوهی در حوزه زیست‌فضا

در سال ۲۰۱۶، مرکز پژوهش‌های اتحادیه اروپا راهبردهایی را تعیین نمود که در سال ۲۰۱۷ توسط پارلمان اروپا مورد پذیرش قرار گرفت و از بندهای اصلی آن می‌توان به زیست‌فضا اشاره کرد. برای برنامه‌ریزی‌های بلند مدت فعالیت‌های فضایی، سعی در درک و شناسایی روندهای فناوری و تأثیر مستقیم و غیر مستقیم آن بر فعالیت‌های فضایی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در سازمان فضایی اروپا، گروه آینده‌پژوهی فضایی به عنوان یک اندیشکده داخلی فعالیت می‌کند و تحقیقاتی را در مورد مفاهیم و فناوری‌های پیشرفته آینده از جمله زیست‌فضا انجام می‌دهد. آینده‌پژوهی در فضا و بخشی از نتیجه آن به عنوان زیست‌فضا براساس این فرض است که تغییرات مفهومی و فناوری آینده باید در جهت زیر ساخت‌های حیات آینده انسان در فضای ماورا جو و کرات دیگر باشد. مراکز آینده‌پژوهی فضایی سعی دارند تا روند تحقیق و مسیرهای اصلی توسعه را به دست آورند تا بتواند آن‌ها را به عنوان ورودی برای

(علمی-ترویجی)

ایمان شفیعی نژاد، شراره قاسمی، علی محمودی و رضا صفرزاده

مولکولی، بیوفیزیک، بیوشیمی، شیمی، مهندسی فضایی، نجوم، کیهان‌شناسی و زمین‌شناسی استفاده می‌کند تا امکان زندگی در فرای زمین را مورد بررسی قرار دهد و به شناخت سفرهایی که ممکن است متفاوت باشد کمک نماید [۲۰].

زیست‌فضا (که در ابتدا به آن «اگزوبیولوژی» اطلاق می‌شد) توسط اس‌ا^{۱۶} (سازمان فضایی اتحادیه اروپا) به عنوان یک حوزه پژوهشی آینده در سال ۱۹۹۶ براساس مطالعات آینده‌پژوهی به رسمیت شناخته شد. گروه زیست‌فضا سازمان فضایی اروپا برای بررسی وضعیت پژوهش در مورد وجود حیات و زمینه‌های مرتبط در نقاط دیگری از سیستم خورشیدی ایجاد شد. این ابتکار در مورد آینده به شدت بر تعریف و راه‌اندازی برنامه^{۱۷} اُتورورا^{۱۸} به عنوان یک برنامه راهبردی سازمان فضایی اروپا برای اکتشافات فضایی تأثیر می‌گذارد. اُتورورا در ژانویه سال ۲۰۰۲ با راه‌اندازی یک استراتژی برای ۳۰ سال آینده به منظور اکتشافات حیات در ماه، مریخ و حتی فراتر از آن سیارک‌ها آغاز شد. همچنین، مأموریت اگزو مارس^{۱۹} اولین مأموریت اختصاصی و مهم مریخ در زمینه زیست‌فضا بود [۲۱].

بشر برای بقا، نیازمند تأمین غذا به شیوه^{۲۰} پرورش گیاهان در سفرهای بلندمدت فضایی و استفاده از گیاهان دارویی برای سلامت خواهد بود. عدم رشد نامناسب گیاهان بستگی به عوامل محیطی زنده و غیرزنده مانند انواع تنش‌ها دارد. از این‌رو، تنش‌های غیرزنده مانند گرانش، ارتعاش و تشعشع که در سفرهای فضایی بشر وجود دارند باید برای رشد و بقا گیاهان در فضا مورد پژوهش قرار گیرند. بعضاً در تحقیقات گسترده^{۲۱} آینده، اثر ترکیبی این تنش‌ها باید مورد توجه قرار گیرد. در بیشتر آزمایش‌ها، گیاه مدلی مانند آراییدوبسیس^{۲۲} برای اعمال تنش‌های مختلف جهت بررسی پاسخ رشد گیاهان در فضا مورد استفاده قرار می‌گیرد.

مأموریت‌های بلندمدت آینده، سفر به ماه و مریخ به سیستم‌های پشتیبان حیات برای تولید مواد غذایی و همچنین بازسازی منابع حیاتی متکی هستند. سیستم پشتیبان حیات میکرواکولوژیکی^{۲۳} که ملیسا^{۲۴} نامیده می‌شود. از این دست سیستم‌های طراحی شده برای آینده بشر در فضا است. چنین سیستم‌های پشتیبانی به واسطه^{۲۵} یک چرخه^{۲۶} بسته (سی آر ال اس اس) مانند یک چرخه^{۲۷} ایجاد گلخانه برای تولید گیاهان به کار می‌رود. گلخانه^{۲۸} فوق برای رشد گیاهان به واسطه^{۲۹} جذب و انتشار دی اکسید کربن و اکسیژن، تصفیه آب و بازیافت مواد زائد از طریق مواد معدنی برای رشد گیاهان مد نظر است.

جدول ۱ تعدادی از مأموریت‌های فضایی برای سفر به ماه مشخص شده است. در این راستا، یکی از اساتید دانشکده علوم دانشگاه توپاما^{۳۰} در طول بیست سال گذشته بر روی پرورش گیاه در فضا تحقیق و پژوهش نموده است. علت اصلی این تحقیقات ایجاد یک پایگاه فضایی خارج از ایستگاه فضایی و ایجاد یک پایگاه روی سیارات و کرات دیگر مثل ماه است. انجام چنین کاری بدون پرورش گیاه برای اقامت بلندمدت کاری غیرممکن است. در واقع، براساس دانش آینده‌پژوهی و روش دلفی مشخص شده است که حضور انسان، گیاهان و بعضاً مزارع در فضا امری محتمل است و در آینده به قطعیت خواهد رسید. همچنین، در پروژه‌های آینده فضایی مزارع گیاهان دارویی و تزئینی مورد توجه است.

جدول (۱): برخی از مهمترین مأموریت‌های انجام گرفته جهت اکتشاف کره^{۳۱} ماه [۱۲].

ماهواره	سال	محققان	عنوان بررسی شده	نتیجه
آپولو ۱۱	۱۹۶۹	آمریکا (ناسا)	استقرار بر روی کره ^{۳۲} ماه	موفق
اسمارت ۱	۲۰۰۳	فرانسه (اسا)	حرکت در مدار ماه و برخورد عمدی با کره ^{۳۳} ماه	موفق
کوگویا	۲۰۰۷	ژاپن (جاکسا)	تعیین نیروی جاذبه در نقاط دور دست ماه	موفق
چانگ ۱	۲۰۱۰	چین (سی ان سا)	تصویر برداری از کره ^{۳۴} ماه	ناموفق
چانگ ۳ و ۲	اواخر ۲۰۱۰	سی ان سا	برخورد نرم با کره ^{۳۵} ماه	موفق
چانگ ۴	۲۰۱۹	سی ان سا	فرود بر قسمت دور دست کره ^{۳۶} ماه	موفق
چانگ ۴	۲۰۱۹	سی ان سا	فرود بر قسمت دور دست کره ^{۳۷} ماه	موفق

زیست‌فضا، یک دانش میان رشته‌ای است که با منشاء تکامل اولیه، توزیع و آینده زندگی در جهان سر و کار دارد. زیست‌فضا این سؤال را مطرح می‌کند که آیا زندگی فرای زمین می‌تواند وجود داشته باشد یا خیر؟ زیست‌فضا از زیست‌شناسی

16. University of Toyama
17. Exo-Biology
18. ESA
19. Aurora
20. Exo-Mars
21. Arabidopsis thaliana
22. Microecology
23. CRLS

مشاهده می‌شود. هاپیر گرانث شتاب بسیار بزرگتر از $1g$ است. این میزان شتاب در آزمایشگاه با استفاده از یک دستگاه سانترفیوژ می‌تواند تولید شود و به واسطه تغییرات ناگهانی بردار سرعت سامانه فضایی مانند: پرتاب و یا فرود شبیه‌سازی می‌شود [۲۲]. تنش غیر زیستی گرانثی محیط فضا بر ریخت شناسی^۵ و رشد گیاهان تأثیر می‌گذارد [۲۴-۲۵].

استقرار انسان در فضا نیاز به تحقق کارآمد کشت محصولات زراعی در سیستم‌های پشتیبان حیات زیستی دارد. به خوبی شناخته شده است که گیاهان می‌توانند در شرایط فضا رشد کنند. با این حال، آشفتگی^۶ بسیاری از پدیده‌های بیولوژیکی به دلیل تأثیر گرانث و برهم‌کنش‌های احتمالی آن با عوامل دیگر و مکانیسم‌های آغازگر پاسخ گیاهان به عوامل محیط فضایی و همچنین پیامدهای چنین تغییراتی در تولید مثل محصول، کاملاً روشن نشده است. این آشفتگی‌ها می‌توانند در مراحل مختلف زندگی گیاه رخ داده و به طور بالقوه مسئول عدم موفقیت در تکمیل چرخه حیات گیاهان هستند. پس از بررسی مختصر محدودیت‌های اصلی موجود در آزمایش‌های اخیر با هدف رشد بذر در فضا نشان داده شده که چرخه حیات گیاه می‌تواند مورد پژوهش قرار گیرد. دلایل رشد آهسته در مرحله گیاهچه را که اغلب در شرایط میکروگرانث و هاپیرگرانث اتفاق می‌افتد مورد بحث قرار می‌گیرد. چنین تغییراتی را می‌توان در مدل پاسخ مورفوژنیک^۷ ناشی از تنش تفسیر کرد. نتیجه نشان می‌دهد تجزیه و تحلیل سیستماتیک از تمام مراحل رشد و تولید مثل در چرخه حیات گیاه برای بهینه‌سازی استفاده از منابع در سیستم پشتیبان حیات مورد نیاز است [۲۶-۲۸]. لزوم وجود گیاهان در فضا مورد بحث قرار گرفت و ۲ کاربرد مهم برای گیاهان در فضا مورد بررسی قرار گرفت. کاربرد اول را می‌توان تغذیه مسافران سفرهای فضایی و کاربرد دوم را حفظ سلامتی به واسطه گیاهان دارویی دانست. در این راستا، ناسا فعالیت‌های گسترده‌ای را از سال‌های قبل در مورد آزمایش بر روی برنج به جهت تامین غذای فضانوردان انجام داده است (شکل ۱) به رشد بذر برنج در شرایط فضا اشاره دارد).

موارد فوق نشان می‌دهد که تحقیق و پژوهش در حوزه میان رشته‌ای بیوتکنولوژی^۴ و فضا از اولویت‌های مأموریت‌ها در سازمان‌های بزرگ فضایی است. نتایج حاصل از آزمایش‌های فضایی نشان داده‌اند که گیاهان قادر به رشد و تکثیر در میکروگرانث هستند. اولین گیاهان مانند بذرهای گندم، ذرت و پیاز در سال ۱۹۶۰ توسط فضاییما اسپوتنیک به فضا ارسال شدند. از مهم‌ترین نتایج این تحقیق می‌توان به فعال‌سازی واحدهای پاسخ دفاعی گیاهان در شرایط انتقال مداری فضایی که دچار اختلال شده‌اند، اشاره نمود. این رفتار ناشی از تغییر در بیان ژن‌های گیاهی است. به دلیل کمبود ابزارهای موجود در آزمایش‌های اولیه زیست‌فضا در دهه شصت میلادی، مطالعات گذشته بر مطالعه پاسخ‌های فیزیولوژیک متمرکز شده بودند که پس از آن رشد گسترده‌ای در این علم صورت گرفته است [۲۲]. در جدول ۲ به تعدادی از مأموریت‌های زیست‌فضا اشاره شده است.

جدول (۲): پیشینه زیست‌فضا در دنیا [۲۳].

نام مأموریت	کشور	سال تحقیق	گیاهان
SALYUT	روسیه	۱۹۸۲	کتان، تره فرنگی، پیاز و نخود
SEVET SG	روسیه - بلغارستان	۱۹۸۴	گندم
MIROS	روسیه - چین	۱۹۹۰	تربچه، کلم چینی
SUTTLE-MIR	آمریکا - روسیه	۱۹۹۵	گندم
MIR-NASA 3	آمریکا	۱۹۹۷	آراییدوبسیس، پنبه، گندم
CHANGE 4	چین	۲۰۱۹	آراییدوبسیس، سیب‌زمینی، کلزا، مخمر و پنبه

از میان تنش‌های محیط فضا که در دانش زیست‌فضا مطرح است می‌توان به گرانث اشاره کرد. میکروگرانث در مقایسه با گرانث روی سطح زمین بسیار کوچک است و در مأموریت‌های فضایی مورد توجه قرار می‌گیرد. به طور کلی، برای گرانث بسیار کوچکتر از $1g$ از عبارت میکروگرانث استفاده می‌شود. به عنوان مثال، در داخل ماهواره‌ای که در مدار زمین قرار دارد این پدیده



شکل (۶): نمایی از برد کنترل وضعیت انتخاب شده.

24. Biotechnology
25. Morphology
26. Chaos
27. Morphogenic

(علمی-ترویجی)

ایمان شفیعی نژاد، شراره قاسمی، علی محمودی و رضا صفرزاده

۷- نتیجه گیری

درک روندها در علم و فناوری و تفسیر نتایج تحقیقات پیشرفته با توجه به اهمیت آن‌ها برای تأثیرگذاری در فعالیت‌های فضایی آینده، زمینه‌سازی برای راهبردهای بلند مدت است. این مقاله به معرفی آینده‌پژوهی و ارتباط آن با زیست‌فضا جهت تشخیص بهتر روندهای علم و فناوری در حوزه هوافضا می‌پردازد. این موارد شامل تجزیه و تحلیل نتایج تحقیق تیم‌های آینده‌پژوهی و پژوهشگران دانشگاهی براساس تجزیه و تحلیل گزارش‌های علم و فناوری و تفسیر انتظارات جامعه است. با توجه به مطالب ذکر شده در این مقاله تحقیقات تا رسیدن به هدف حیات مستمر انسان در فضا توسط دانشمندان ادامه دارد و برای سفرهای فضایی آینده بسیار با ارزش هستند. بنابراین، براساس دانش آینده‌پژوهی باید به زیست‌فضا و

تحقیقات در این زمینه توجه ویژه نمود و آن را گسترش داد. از این‌رو، باید آزمایش‌های زیست‌فضا را از روی زمین با شبیه‌سازی محیط غیر زمینی فراهم نمود تا به نتایج مفیدی برای سفرهای فضایی در برخورد با تنش‌های محیطی فضا دست یافت. در این راستا می‌توان به تنش‌های گرانشی، تشعشعی و ارتعاشی اشاره نمود. با بررسی بهتر این تنش‌ها حتی می‌توان وضعیت آینده کشت گیاه در روی زمین را متحول کرد. نکته دیگر اثراتی است که فضا می‌تواند بر سایر موجودات داشته باشد زیرا فقط گیاهان نیستند که با تغییر در شرایط محیطی واکنش نشان دهند، بلکه سایر موجودات زنده مثل انسان و جانوران نیز از این قانون پیروی می‌کنند. زیرا ممکن است هدف بعدی ارسال دی ان ای^۸، جنین جانوران و انسان جهت پرورش نیروی کار در فضا باشد.

مراجع

- [1] Yahaghi, E., "Simulation of Space Radiation Effect on the Platelets Cell", *IJRSM*, Vol. 1, No. 4, pp. 47-53, 2013 (In Persian).
- [2] Wade, J.W., Posey, J.D., and Blake, M.D., "Control of the Microgravity Environment on Space Station Freedom", *IFAC Proceedings*, Vol. 26, No. 2, pp. 933-936, 1993.
- [3] Singhb, J.L., Zhangb, Y., and Liou, W., "A Computer Simulation of Short-Term Adaptations of Cardiovascular Hemodynamics in Microgravity Benjamin Gerbera", *Computers in Biology and Medicine*, Vol. 102, pp. 86-94, 2018.
- [4] Shafieenejad, I. and Ghasemi, Sh., "Effects of Gravitational and Radiation Stresses on Plants Growth for Space Travels", *Journal of Technology in Aerospace Engineering*, Vol. 2, No. 4, pp. 1-5, 2019 (In Persian).
- [5] Liebl, F. and Schwarz, J.O. "Normality of the Future: Trend Diagnosis for Strategic Foresight", *Futures*, Vol. 42, No. 4, pp. 313-327, 2010.
- [6] Cockell, C., "Astrobiology - A New Opportunity for Interdisciplinary Thinking", *Space Policy*, Vol. 18, No. 4, pp. 263-266, 2002.
- [7] Singh, R. and Singh, Y., "Perspective of Futurology and its Implication in Education", *Glob. J. Enterp. Inf. Syst.*, Vol. 9, No. 4, pp. 57-61, 2017.
- [8] Veeraiah, P., Yasin, A.M., and Shivagunde, R.B., "Integrating Information and Communication Technologies in Indian Education for Sustainable Development - Some", *J. Educ. Policy Entrep. Res.*, Vol. 2, No. 9, pp. 160-173, 2015.
- [9] Abbasi, A., Saken, H., and Bahrami, M., "Trend Impact Analysis in Futures Studies", *The 3rd National Conference on Futures Studies*, Tehran, Iran, 2015 (In Persian).
- [10] Rohrbeck, R. and Schwarz, J.O., "The Value Contribution of Strategic Foresight: Insights from an Empirical Study of Large European Companies", *Technol. Forecast. Soc. Change*, Vol. 80, No. 8, pp. 1593-1606, 2013.
- [11] Ghorbani, M. and Gharibnavaz, R., "Futures Study of Research and What It Is in Graduate Education", *8th National Conference on Sustainable Development in Educational Sciences and Psychology, Social and Cultural Studies*, Tehran, Iran, 2020 (In Persian).
- [12] Moeinifar, H. and Okhravi, A.H., "Explain the Concept of Futures Study from Theory to Application", *Third International Conference on New Developments in Management, Economics and Accounting*, Tehran, Iran, 2019 (In Persian).
- [13] Heidarieh, S.A. and Ahangar, H., "Future Studies Emerging Market Businesses in Iran", *The Second National Conference on New Thoughts in Business Management*, Tehran, Iran, 2019 (In Persian).
- [14] Twigg, R., "Origin of CubeSat", Chapter 5, *Small Satellite: Past, Present and Future*, The Aerospace Press, El Segundo, CA, USA, 2008.
- [15] Naja-Corbin, G., Summerer, L., and Johansson, M., "Space 2030 - Research Trends as Input for Long-Term Planning", *The 59th International Astronautical Congress (IAC 2008)*, Glasgow, Scotland, 2008.
- [16] Comstock, D.A., Lockney, D.P., and Glass, C., "A Sustainable Method for Quantifying the Benefits of Nasa Technology Transfer", *AIAA SPACE 2011 Conference & Exposition*, Long Beach, California, USA, 2011.
- [17] Wiesera, N., Kocielekb, P., and Klaus, D., "A Review of Algal Research in Space", *Acta Astronautica*, Vol. 146, pp. 359-367, 2018.
- [18] May, A., *Destination Mars: The Story of Our Quest to Conquer the Red Planet*, Icon Books Limited, London, United Kingdom, 2017.
- [19] Van der Veen, E.J., Giannoulas, D.A., Guglielmi, M., Uunk, T., and Schubert, D., "Disruptive Space Technologies", *International Journal of Space Technology Management and Innovation*, Vol. 2, No. 2, pp. 24-39, 2013.
- [20] Aubert, A., Beckers, F., and Verheyden, B., "Cardiovascular Function and Basics of Physiology in Microgravity", *Acta cardiologica*, Vol. 60, pp. 51-129, 2005.
- [21] Friedman, R.M., "Making Sense of the Aurora: A Research Project", *Nordlit*, Vol. 16, No. 1, pp. 59, 2012.
- [22] Hoson, T., "Plant Growth and Morphogenesis under Different Gravity Conditions: Relevance to Plant Life in Space", *Life*, Vol. 4, No. 2, pp. 205-216, 2014.
- [23] Nakamoto, D., Ikeura, A., Asami, T., and Yamamoto, K.T., "Inhibition of Brassinosteroid Biosynthesis by Either a Dwarf4 Mutation or a Brassinosteroid Biosynthesis Inhibitor Rescues Defects in Tropic Responses of Hypocotyls in the Arabidopsis Mutant Nonphototropic Hypocotyl 4", *Plant Physiol.*, Vol. 141, No. 2, pp. 456-464, 2006.
- [24] Clement, G., Boyle, R., and Hanns-Christian, G., "The Effects of Altered Gravity on Physiology". *Frontiers in Physiology*, Vol. 27, pp. 1447-1451, 2019.
- [25] Fatemeh, A., Amiri, H., Niknam, V., and Ghanati, F., "Effect of Magnetic Fields on the Biochemical Properties of Almond Seeds", *International Society and Environment*, University of Tehran, Tehran, Iran 2018.
- [26] Teerikorpi, P., Valtonen, M., Lehto, K., Lehto, H., Byrd, G., Chernin, A., *The Evolving Universe and the Origin of Life*, Springer International Publishing, New York, 2019.
- [27] White, R.J. and Averner, M., "Humans in Space", *Nature*, Vol. 409, No. 6823, pp. 1115-1118, 2001.
- [28] National Aeronautics and Space Administration (NASA), *The NASA Fundamental Space Biology Science Plan 2010-2020*, Advanced Capabilities Division. NASA Headquarters, Washington, USA, 2010.