Archive of SID

JSST
فصلنامهٔ علمی - پژوهشی علوم و فناوری فضایی

جلد ۳ / شمارهٔ ۱/ بهار ۱۳۹۹ (پیاپی ۴۲)
ص. ص. ۹۸- ۸۳

ارائه راهکار و طراحی مفهومی پایگاه پرتاب راهبردی چابهار در راستای توسعه صنعت فضایی کشور

مقداد پایان[۱*] و حنیف کازرونی[۲]

۱ و ۲- گروه علوم و فنون دفاعی، دانشگاه و پژوهشگاه عالی دفاع ملی و تحقیقات راهبردی، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

* تهران، کدپستی: ۱۹۶۹۷۶۴۴۹۹

payan@kntu.ac.ir

نیاز به حضور در فضا و استفاده از مزایای آن در زمینه‌های مختلف سبب شده است تا کشور ما نیز گام‌های خود را در استفاده از فناوری ماهواره بردارد. در این راستا، ساخت یک پایگاه پیشرفته پرتاب ماهواره با کلیه امکانات مدرن موردنیاز از جمله مسائل اساسی می‌باشد. پایگاه فضایی حضرت امام خمینی (ره)، نخستین پایگاه سکوی ثابت جمهوری اسلامی ایران به شمار می‌رود. در سال ۱۳۸۹ اعلام شد که بنابر محدودیت‌های جغرافیایی موجود، تحقیقاتی برای ساخت دومین مرکز فضایی در شهر چابهار صورت گرفته است. در این مقاله، با استفاده از مطالعات پیشین روی کلیه زیرساخت‌های پایگاه‌های پرتاب پیشرفته در سراسر دنیا و روش‌های مختلف شبیه‌سازی، یک طراحی مفهومی برای پایگاه پرتاب چابهار ارائه می‌گردد. در این راستا، به توصیف کاملی از سکوهای پرتاب، مجتمع پردازش، تجهیزات آماده‌سازی و مونتاژ ماهواره‌ها و ماهواره‌برها و ... پرداخته می‌شود. طراحی و ساخت پایگاه فضایی چابهار با امکانات تشریح شده، گام بلندی در توسعه صنعت فضایی جمهوری اسلامی ایران خواهد بود.

واژه‌های کلیدی: پایگاه پرتاب چابهار، سکوی پرتاب، صنعت فضایی، ماهواره و ماهواره‌بر، مجتمع پردازش

علائم و اختصارات

مرکز بررسی و تأیید مستقل	Independent Verification and Validation Facility (IV&VF)
مرکز تحقیقات و توسعه صنعت فضایی	Research and Development Area (R&D)
مرکز کنترل پرتاب	Launch Control Center (LCC)
تجهیزات ابزارگذاری مرکزی	Central Instrumentation Facility (CIF)
مرکز فرماندهی	Headquarters Building (HQ)
ساختمان اجرایی	Operations & Checkout Building (O&C)
تجهیزات پردازش عمودی	Vertical Processing Facility (VPF)
ساختمان نگهداری و بررسی مواد مشتعل‌سازی	Hypergolic Maintanance& Checkout Area (HMCA)
سیستم کنترل عکس‌العمل موشک و ماهواره‌بر	Space Shuttle Reaction Control System

مقدمه

پیشرفت و تکامل جوامع انسانی و افزایش نیازهای ارتباطی، بشر را روز به روز بیشتر به سمت توسعه روش‌های نوین ارتباطی و استفاده از فناوری‌های فضایی سوق می‌دهد. شبکه‌های ماهواره‌ای امکانات و مزایای بسیاری همچون تنوع سرویس، انعطاف‌پذیری و استقلال از منابع طبیعی، سرعت عمل بالا و پوشش‌دهی وسیع را فراهم می‌کنند که سایر روش‌های مخابراتی من جمله فیبر، کابل و یا ماکروویو زمینی قادر به ارائه آن‌ها نیستند. از آنجا که ناحیه گسترده‌ای از زمین توسط ماهواره قابل رویت و دسترسی است، ماهواره‌ها می‌توانند نقطه آغازین ارتباطات استفاده‌کنندگانی باشند که از نظر جغرافیایی بسیار دور از هم به سر می‌برند.

---

۱ . استادیار (نویسنده مخاطب)
۲ . استادیار

www.SID.ir

ارسال مقاله: ۹۸/۰۴/۰۲ پذیرش مقاله: ۹۸/۰۸/۰۱

Archive of SID

نیاز برای حضور در فضا و استفاده از مزایای آن از یک سو و رشد صنعت تجاری خدمات ماهواره‌ای و ارتباط آن با رشد اقتصادی از سوی دیگر، سبب شده است تا کشور ما نیز گام‌های خود را در استفاده از فناوری ماهواره بردارد. با توجه به آنکه ایران کشوری است که مناطق وسیعی از آن کوهستانی بوده و در مناطق کویری نیز فاصله روستاها زیاد است، راه‌اندازی و برقراری سرویس‌های ماهواره‌ای در ایران بسیار مقرون به صرفه می‌باشد.

اهمیت ماهواره‌ها و رشد پایدار صنعت فضایی کشور را می‌توان در موارد متعددی از جمله حوزه‌ی دفاع و امنیت ملی، بهره‌وری اقتصادی و تجاری‌سازی محصولات، افزایش عزت و خودباوری ملی، فعال‌سازی ظرفیت‌های دانش‌بنیان داخلی و ... بیان نمود. با توجه به اهداف مهم ذکرشده و در حالی که در راستای مسیر تعیین شده در نقشه‌ی جامع علمی کشور، یکی از اهداف اصلی نظام علم و فناوری، پیشرفت صنعت ماهواره‌ای تعیین شده است، نیاز به توسعه مستمر صنعت فضایی در کشور جهت جلوگیری از توقف مقطعی روند ساخت و پرتاب ماهواره در بازه‌های زمانی خاص احساس می‌شود. این امر مستلزم زیرساخت های مدرن و مجهز جهت توسعه مستمر صنعت فضایی کشور می‌باشد. یکی از مهم‌ترین این زیرساخت‌ها، پایگاه فضایی مدرن در حد استانداردهای جهانی می‌باشد [۱].

مبانی نظری و پیشینه

شکوفایی صنعت ماهواره در اواسط دهه ۱۹۶۰ میلادی آغاز و در کمتر از ۵۰ سال از یک فناوری نوپا به یک تکنولوژی فراگیر و پرکاربرد مبدل گردید که ردپای آن در تمامی بخش‌های دارای زیرساخت مخابراتی به چشم می‌خورد. در حال حاضر تقریبا تمام نقاط کره زمین تحت پوشش شبکه‌های گسترده ماهواره‌ای قرار دارند که بیانگر تلاش بی‌وقفه بشر در بکارگیری فناوری فضایی جهت رفع نیازهای ارتباطی خویش است.

ایده ایجاد ارتباطات از طریق ماهواره نخستین بار توسط آرتور کلارک[3] در سال ۱۹۴۵ میلادی مطرح شد. وی در مقاله خود در مجله وایرلس وورلد[4]، اذعان داشت که یک ماهواره در مدار دایروی با شعاع ۳۶۰۰۰ کیلومتر، با سرعت زاویه‌ای برابر سرعت زاویه‌ای زمین می‌چرخد و بنابراین از دید ناظر زمینی همواره در یک نقطه ثابت از فضا دیده می‌شود. در نتیجه، این ماهواره مصنوعی قادر است سیگنال‌ها را از هر نقطه از زمین دریافت و به نقاط دلخواه ارسال کند. یک دهه بعد و در سال ۱۹۵۷ ماهواره اسپاتنیک- ۱[5] توسط اتحاد جماهیر شوروی به فضا پرتاب شد که نقطه آغازین «عصر فضا» بود.

بلافاصله پس از آن در ژانویه ۱۹۵۸، ماهواره اکسپلورر ۳[6] توسط وزارت دفاع آمریکا به فضا پرتاب شد. اولین ارتباط مخابراتی توسط ماهواره ۱۲ روزه اسکور[7] در دسامبر ۱۹۵۸ صورت گرفت که توسط نیروی هوایی آمریکا به مدار لئو پرتاب گردید. پس از آن، ماهواره‌هایی با طول عمر بیشتر به نام‌های اکو-۱[8] و اکو-۲[9] توسط ناسا در سال‌های ۱۹۶۰ و ۱۹۶۴ به فضا پرتاب شدند که به ترتیب ۸ سال و ۵ سال به ارائه سرویس پرداختند.

سابقه استفاده از فناوری ماهواره در کشور ما به سال ۱۳۴۸ برمی‌گردد. در این سال، با تاسیس اولین ایستگاه زمینی ماهواره‌ای در اسدآباد همدان و نصب آنتن ۳۰ متری استاندارد جهت ارتباط با ماهواره‌های سازمان بین‌المللی مخابرات ماهواره‌ای، ایران در رده کشورهای پیشرو جهت استفاده از فناوری ماهواره قرار گرفت. فعالیت فضایی ایران در سال ۱۳۵۶ با ماهواره ناهید آغاز و پس از توقفی هجده ساله در سال ۱۳۷۴ در قالب پروژه ماهواره مصباح ادامه پیدا کرد. ثبت بین‌المللی اولین امتیازهای مدار/فرکانس زمین‌آهنگ در سال ۱۳۵۵، ساخت مدل مهندسی و فضایی ماهواره مصباح با همکاری یک شرکت ایتالیایی توسط نیروهای متخصص داخلی در سال ۱۳۷۸ تا ۱۳۸۰، ساخت اولین ماهواره سنجشی کشور توسط روسیه به نام ماهواره سینا به سفارش وزارت علوم، تحقیقات و فناوری در سال ۱۳۸۴، ساخت و پرتاب موفقیت‌آمیز ماهواره امید، نخستین ماهواره ایرانی با ماموریت برقراری ارتباط متقابل ماهواره و ایستگاه زمینی و ورود ایران به باشگاه کشورهای فضایی در بهمن ماه سال ۱۳۸۷، پرتاب ماهواره‌های نوید و رصد در سال ۱۳۹۰ با ماموریت تصویربرداری، ثبت اولیه بین‌المللی ۱۴ موقعیت مداری در سال های ۱۳۹۰ و ۱۳۹۱، پرتاب ماهواره ملی فجر در سال ۱۳۹۳ با ماموریت انتقال مداری و ثبت اولیه بین‌المللی ۴ موقعیت مداری در سال ۱۳۹۴ از جمله گام‌های ایران در جهت استفاده از فناوری ماهواره می‌باشد. پرتاب ماهواره فجر در اسفند ۱۳۹۳ انجام شد و پس از این پرتاب، پرتاب موفق دیگری ثبت نشد. پرتاب ماهواره امید، جمهوری اسلامی ایران را به عنوان نهمین کشور دنیا، بعد از شوروی در ۱۹۵۷، ایالات متحده آمریکا در ۱۹۵۸، فرانسه در ۱۹۶۵، ژاپن در ۱۹۷۰، چین در ۱۹۷۰، بریتانیا در۱۹۷۱، هند در ۱۹۸۰و رژیم اشغالگر قدس در ۱۹۸۸، که مستقلاً موفق به پرتاب ماهواره شده است، به جهانیان معرفی نمود [۱].

پایگاه فضایی یا پایگاه پرتاب[10] مکانی است که تجهیزات لازم جهت نصب، آماده‌سازی، سوخت‌گیری، آزمایش‌های قبل از پرتاب و

3. Arthur C. Clarke
4. Wireless World
5. Sputnik-1
6. Explorer I
7. SCORE
8. Ecco-1
9. Ecco-2
10. Launch Site

www.SID.ir

Archive of SID

نهایتا پرتاب راکت در آنجا تعبیه شده و از نظر منطقه‌ای، شرایط لازم همچون امنیت و ایمنی در آن دیده شده باشد.

در زمینه پایگاه‌های پرتاب در داخل کشور، پایگاه ملی فضایی حضرت امام خمینی (رحمه الله علیه) که نخستین پایگاه سکوی ثابت جمهوری اسلامی ایران به شمار می‌رود، در سال ۱۳۹۱ افتتاح شد. این پایگاه مجموعه عظیمی است که همه مراحل آماده‌سازی، پرتاب، کنترل و هدایت ماهواره‌برها را بر عهده دارد. پایگاه ملی فضایی امام خمینی (رحمه الله علیه) در ۸۰ کیلومتری جنوب شرق استان سمنان واقع شده و قادر است در فاز نهایی همه نیازهای کشور در مدار لئو[11] را پوشش دهد [۲ و ۳].

در دسامبر ۲۰۱۰ اعلام شد که بنابر محدودیت‌های جغرافیایی موجود در اولین مرکز فضایی برای ارسال ماهواره به مدار، تحقیقاتی برای ساخت دومین مرکز فضایی صورت گرفته است. پایگاه فضایی ملی جدید، در جنوب شرقی استان سیستان‌وبلوچستان، در شهر چابهار، احداث خواهد شد. این پایگاه در مساحت ۱۴۰۰۰ هکتار ایجاد می‌شود و در آینده محل اصلی تمام ماموریت‌های فضایی ایران خواهد بود. یکی از دلایل ایجاد پایگاه ملی فضایی در این منطقه، نزدیک بودن آن به اقیانوس هند و کم جمعیت بودن آن است. براساس مصوبات شورای عالی فضایی، مدیریت کلان این پایگاه بر عهده سازمان فضایی است و در حال حاضر نقطه‌یابی و فعالیت آمایش سرزمینی تاسیس پایگاه ملی پرتاب انجام و نقطه نهایی انتخاب شده است. این پایگاه به عنوان یک مرکز پرتاب غیرنظامی پیش بینی شده و قرار است در زمینه پرتاب موجود زنده و پرتاب ماهواره‌های سنجشی و مخابراتی در مدار زمین‌آهنگ فعالیت کند. بنابراین، این پرتاب‌ها به شرایط ویژه‌ای نیاز دارند و حتی الامکان باید در شرایط نزدیک به منطقه استوایی صورت گیرند تا هزینه‌های پرتاب و انجام مانورهای مداری آن به حداقل رسد [۴ و ۵].

اهداف تحقیق

با توجه به مطالب ذکر شده، نکته قابل‌توجه این است که طراحی زیرساخت‌های یک پایگاه فضایی مدرن مانند چابهار، در حد ایده‌آل و همسو با بهترین تکنولوژی‌های روز دنیا، بدون در نظر گرفتن و بررسی کامل پایگاه‌های پرتاب در سرتاسر دنیا و مقایسه آن‌ها با پایگاه‌های پرتاب داخل کشور امکان‌پذیر نیست. «به همین دلیل،در این مقاله برآنیم که با استفاده از مطالعات جامع صورت‌گرفته در مورد زیرساخت‌های پایگاه‌های پرتاب داخلی و پایگاه‌های پرتاب مدرن خارجی، از جمله جان‌اف‌کندی (کیپ کاناورال)[12] و جان استنیس[13] در آمریکا، بایکونور[14] و وستوچنی[15] در روسیه و گویان[16] زیر نظر آژانس فضایی اروپا، یک طراحی مفهومی برای پایگاه فضایی چابهار مطابق با استانداردهای جهانی ارائه کنیم.» برای این منظور، ابتدا دلایل کلی انتخاب مکان این مرکز فضایی شرح داده شده و سپس به بررسی کلیه تجهیزات طراحی شده و پلان این پایگاه پرداخته می‌شود.نوآوری مقاله در این است که با بررسی کلیه امکانات و تجهیزات پایگاه‌های پیشرفته در سراسر دنیا، پلان پایگاه پرتاب چابهار و کلیه جانمایی‌های آن با ابعاد دقیق شبیه‌سازی و ارائه شده است. این نقشه از لحاظ عمرانی یک نقشه آماده و اجرایی بوده که تاکنون با این ابعاد و بررسی‌های همه‌جانبه ارائه نشده است.ساخت این پایگاه می‌تواند تاثیر بسزایی در توسعه صنعت فضایی کشور داشته باشد. شایان ذکر است که اگرچه انتخاب‌های متعدد دیگری برای جانمایی کلیه اجزای پایگاه پرتاب چابهار روی پلان تخصیص‌یافته به آن امکان‌پذیر است، ولی سعی شده است تا در این مقاله بهترین انتخاب ممکن با مقایسه با پایگاه‌های پیشرفته صورت پذیرد.

روش تحقیق

نوع تحقیق صورت‌گرفته راهبردی و مدل‌سازی می‌باشد. روش تحقیق به کار گرفته شده در این پژوهش، مروری، توصیفی، تحلیلی، استنباطی، طراحی و شبیه‌سازی بر اساس داده‌ها و اطلاعات موجود می‌باشد. جامعه آماری در این تحقیق را می‌توان کل پایگاه‌های پرتاب پیشرفته و مدرن در سراسر دنیا در نظر گرفت. همچنین نمونه‌های این تحقیق را می‌توان به دو بخش پایگاه‌های پرتاب کشورهای پیشرفته و در حال توسعه تقسیم‌بندی کرد. از جمله پایگاه‌های پرتاب کشورهای پیشرفته، پایگاه‌های جان‌اف-کندی (کیپ کاناورال) و جان استنیسدر آمریکا، بایکونور، وستوچنی در روسیه و گویانزیر نظر آژانس فضایی اروپا را می‌توان نام برد. [۶-۱۶] همچنین از جمله پایگاه‌های پرتاب کشورهای در حال توسعه به پایگاه پرتاب امام خمینی (رحمه‌الله علیه) در سمنان می‌توان اشاره کرد. [۵]

بدین‌ترتیب، با بررسی کامل این پایگاه‌های پرتاب پیشرفته و در حال توسعه، شبیه‌سازی کاملی از کلیه تجهیزات پایگاه پرتاب چابهار صورت گرفته و نقشه کاملی از کلیه امکانات آن شرح داده می‌شود. برای این منظور، ابتدا کلیه تجهیزات موردنیاز برای این پایگاه پرتاب مشخص شده و معرفی می‌گردد. سپس با توجه به فضاها و متراژها و همچنین ارتباط آن‌ها با یکدیگر، کاربری‌ها را بر روی کاغذ با ابعاد تقریبی جاگذاری می‌کنیم و موارد موردنیاز آن‌ها را در نرم‌افزار اتوکد[17]

11. LEO
12. John F. Kennedy (Cape Canaveral) SpeceCEnter
13. John C. Stennis Space Center
14. Baikonur Cosmodrome
15. Vostochny Cosmodrome
16. Guiana Space Center
17. Autocad

www.SID.ir

Archive of SID

به صورت دقیق ترسیم می‌کنیم. در ادامه برای تصویرسازی سه‌بعدی و مشخص‌کردن ارتفاع تجهیزات، پلان‌ها را به نرم‌افزار رویت[18] برده و سه‌بعدی می‌کنیم تا نقشه‌ها با سایه نمایان شوند و در نهایت برای شبیه‌سازی و هرچه نزدیک‌تر کردن تصاویر به واقعیت، حجم‌های سه‌بعدی را وارد نرم‌افزار لومیون[19] کرده و از آن‌ها به اصطلاح رندر[20] (خروجی سه‌بعدی) گرفته می‌شود.

ویژگی‌های مکانی پایگاه پرتاب چابهار

ویژگی‌های مکانی این پایگاه فضایی را می‌توان در موارد زیر خلاصه کرد:

- دارای پتانسیل برای قراردادن ماهواره در هر دو مدار قطبی و استوایی.
- نزدیکی به خط استوا (عرض جغرافیایی ۲۵ درجه و ۲۰ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۶۰ درجه و ۲۷ دقیقه شرقی) که با این شرایط می‌توان از اثرات انرژی حاصل از سرعت چرخش زمین در اطراف محور قطبی آن استفاده کرد؛ این اثر می‌تواند سرعت پرتابگرها را به مقدار قابل ملاحظه‌ای افزایش دهد. بندر چابهار هم‌عرض جغرافیایی بندر میامی در شبه‌جزیره فلوریدای آمریکا است و دارای شرایط آب و هوایی کاملاً مشابه این بندر می‌باشد.
- سایت دارای سطح بالایی است که برای اطمینان کافی از ایمنی پرتاب‌ها فراهم شده است.
- سایت شامل یک بندر آبی عمیق با امکانات بارگیری مناسب می‌باشد و بندرگاه آن قابلیت پهلوگیری کشتی‌های اقیانوس‌پیما را دارد.
- ثبات سیاسی و معافیت از تحریم‌های ناعادلانه ایالات متحده آمریکا علیه جمهوری اسلامی ایران.
- وجود پهنای گسترده به سمت اقیانوس هند که برای تمام ماموریت‌های فضایی مفید بوده و کمترین خطر را متوجه جمعیت و اموال اطراف این منطقه می‌کند.
- تراکم نسبتا کم جمعیت در این منطقه از کشور (۱۰۶۷۳۹ نفر در سال ۱۳۹۵).
- امکان نصب تجهیزات ردیابی در تپه‌های اطراف (رادارها و آنتن‌های تله‌متری).
- به دلیل موقعیت استوایی و ساحلی خود، یک سایت با تهویه مناسب و محیطی معتدل با رطوبت نسبی دارد و از تغییرات دمای اندکی در فصول مختلف سال برخوردار است.
- منطقه‌ای است که می‌توان آن را از بادهای موسمی محافظت کرد. همچنین به دلیل موقعیت جغرافیایی در مقابل زلزله آسیب‌پذیری کمتری دارد.
- مجهز به زیرساخت‌هایی می‌باشد که می‌توانند با توسعه مراکز فضایی در آینده سازگار باشند. (جاده‌ها، فرودگاه‌ها، بنادر، مخابرات و غیره).

با توجه به مطالب گفته شده، این پایگاه دو مورد اصلی از مزایای سایت‌های پرتاب را دارد:

- نزدیک به استوا است، به طوری که انرژی کمتری برای مانور یک فضاپیما به یک مدار استوا و ژئو نیاز دارد.
- دسترسی آزاد به دریای رو به جنوب دارد، بطوریکه برای موشک‌هایی که در سطوح پایین‌تر قرار می‌گیرند آثار مخروبه ناشی از خرابی موشک‌ها و بقایای فضاپیماها نمی‌توانند روی محل زندگی انسان‌ها تاثیر بگذارند. همچنین موشک‌هایی که به سوی جنوب و شرق راه می‌یابند، می‌توانند از حرکت زاویه‌ای که توسط چرخش زمین به دست می‌آید بهره‌مند شوند.

علاوه بر موارد استراتژیک ذکرشده، همچنین از تسهیلات و مزایای سرمایه‌گذاری در بندر چابهار می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- بندر چابهار در زمینه هزینه‌های تخلیه، بارگیری و انبارداری نسبت به سایر بندرهای جنوبی ایران دارای ۳۰٪ معافیت است. همچنین هزینه‌های انتقال بار از کشتی‌ها به انبارهای این منطقه آزاد ناچیز می‌باشد.
- دارایی‌ها و سود تجارت‌های مختلف در این بندر به مدت ۲۰ سال مشمول معافیت مالیاتی می‌باشد.
- این بندر در چارچوب قوانین اداری مناطق تجاری- صنعتی آزاد جمهوری اسلامی ایران اداره می‌گردد و از این حیث، از هزینه‌های حمل‌ونقل کالا و سایر موارد جانبی کاسته می‌شود.
- دارای اسکله‌هایی با ظرفیت اسکان و عمق لنگرگیری مناسب برای تعداد زیادی کشتی می‌باشد. دو اسکله اصلی آن اسکله قدیمی شهید کلانتری و اسکله جدید خاتم‌الانبیا (شهید بهشتی) می‌باشند.
- به عنوان یک بندر مستقل در جمهوری اسلامی ایران، از طریق خلیج فارس دسترسی مستقیم به اقیانوس هند دارد.
- به عنوان دروازه ورودی به راه‌های کریدور شمال- جنوب بازرگانی جهانی و مسیر اصلی ترانزیت شرقی ایران محسوب می‌شود.
- دسترسی مستقیم به جاده ترانزیتی و ترمینال حمل‌ونقل چابهار- میلاک دارد. [۴، ۱۳، ۱۵]

18Revit
19Lumion
20Render

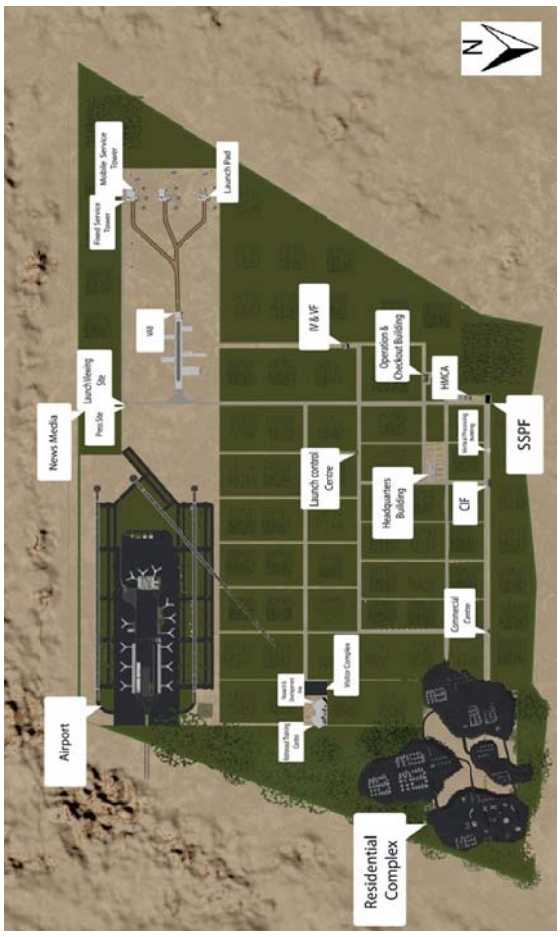
www.SID.ir

Archive of SID

شکل ۱- موقعیت جغرافیایی بندر چابهار

طراحی مفهومی پایگاه پرتاب چابهار

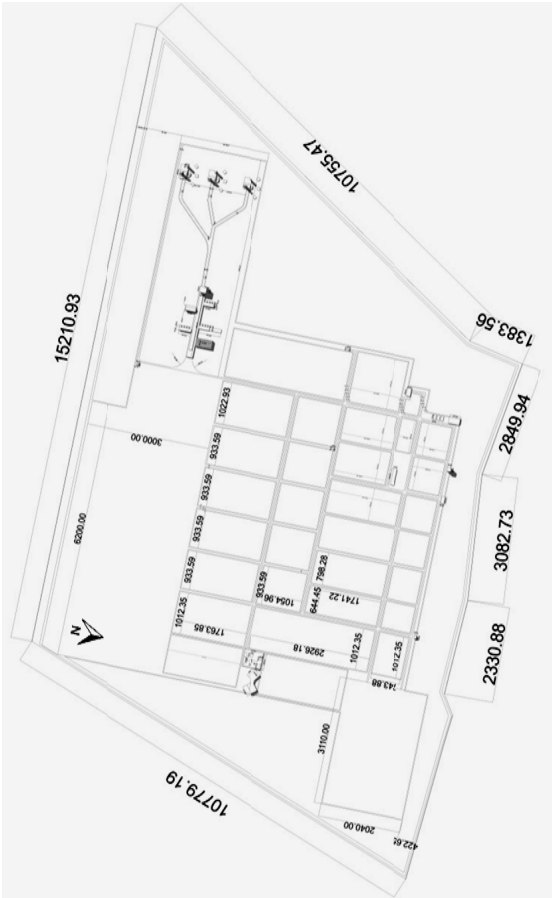
زمین پایگاه پرتاب چابهار مساحتی بالغ بر ۱۴۰۰۰ هکتار را دارا می‌باشد که با توجه به شکل زمین و مساحت قابل توجه آن، محیطی ایده‌آل برای ساخت کلیه تجهیزات و ساختمان‌های یک پایگاه فضایی در سطح استاندارد جهانی را فراهم می‌کند.



شکل ۲- پلان کلی پایگاه پرتاب چابهار

با استفاده از مطالعات صورت گرفته روی پایگاه‌های فضایی در سراسر دنیا، کلیه تجهیزات و زیرساخت‌های پایگاه فضایی چابهار را می‌توان در موارد کلی زیر خلاصه کرد:

۱) مجموعه سکوهای پرتاب[۲۱]
۲) مجموعه پردازش فضاپیماها و ماهواره‌ها[۲۲]
۳) مجموعه انتقال فضاپیما از محل پردازش و مونتاژ تا سکوهای پرتاب[۲۳]
۴) مجموعه مرکزی کنترل و ارزیابی پرتاب‌ها[۲۴]
۵) مجموعه مراکز صنعتی[۲۵]
۶) مجموعه مراکز تجاری[۲۶]
۷) مجموعه بازدید عموم[۲۷]
۸) مجموعه مراکز تحقیقاتی و آموزش فضانوردان[۲۸]
۹) مجموعه مراکز رسانه‌ای، اخبارسانی و مطبوعاتی[۲۹]
۱۰) فرودگاه اختصاصی مربوط به پایگاه فضایی چابهار[۳۰]
۱۱) منطقه مسکونی[۳۱]



شکل ۳- نقشه پلان کلی پایگاه پرتاب چابهار

21. Launch Pads Facilities
22. Processing Complex
23. Spacecraft Transportation System
24. Launch Control Facilities
25. Industrial Centers
26. Commercial Centers
27. Visitor Complex
28. Research & Development Center
29. Press Site
30. Airport
31. Residential Area

www.SID.ir

Archive of SID

مجموعه سکوهای پرتاب

در پایگاه پرتاب چابهار مطابق با پایگاه‌های فضایی اصلی جهان و با توجه به فضای موجود، سه سکوی پرتاب مختلف و در مجاور یکدیگر درنظرگرفته می‌شود. با توجه به آزیموت پرتاب و پلان ارائه شده در شکل‌های ۲ و ۳، مجموعه سکوهای پرتاب در جنوبی‌ترین نقطه پایگاه قرار گرفته‌اند. تجهیزات مجموعه سکوهای پرتاب پایگاه فضایی چابهار را می توان در موارد زیر خلاصه کرد:

✓ سکوهای پرتاب ۱، ۲ و ۳[۳۲]

سه سکوی پرتاب مختلف در شمال شرقی پایگاه پرتاب چابهار در نظر گرفته شده است. دو تای این سکوها (سکوهای ۱ و ۳) مربع شکل با ابعاد ۷۰ متر و یکی از آن‌ها (سکوی ۲) به صورت دایره‌ای با قطر ۷۰ متر در نظر گرفته می‌شود. نیروی دینامیکی بسیار زیاد وارده بر هر کدام از این سکوها ناشی از پرتاب ماهواره‌برها از طریق سیستم فونداسیون شامل تعداد زیادی از شمع‌های بتن مسلح به خاک زیر سکوها منتقل می‌شود.

✓ کابین سرویس‌دهی[۳۳]

در زیر هر کدام از سکوهای پرتاب، سازه‌ای سه طبقه به نام کابین سرویس‌دهی مطابق شکل قرار دارد. این سازه در حالت عادی در محلی امن تعبیه شده در زیر سکوهای پرتاب و در محفظه‌ای بتنی قرار دارد. چندین روز قبل از پرتاب، این سازه از محل استقرار خود به زیر سکو منتقل می‌شود. با استفاده از پل‌های دسترسی مختلف، کابین سرویس‌دهی به قسمت‌های داخلی فضاپیما، اعم از ماهواره‌بر و موشک، مرتبط می‌گردد و برای انجام بررسی‌های نهایی قبل از پرتاب مورداستفاده قرار می‌گیرد.

✓ اتاق‌های ارتباطی انتهایی سکوها[۳۴]

ارتباط بین مرکز کنترل پرتاب، سکوی پرتاب متحرک و فضاپیما از طریق اتاق‌های ارتباطی انتهایی سکوها برقرار می‌شود. این تسهیلات شامل مجموعه‌ای دو طبقه از اتاقک-های مختلف در زیر سکوهای پرتاب می‌باشد که از بتن مسلح ساخته شده و در قسمت غربی گودال‌های آتش در زیر حدود ۷ متر سربار خاکی قرار دارد.

✓ منابع ذخیره آب[۳۵]

نزدیک هر سکوی پرتاب دو منبع ذخیره آب به شکل تقریبا مربعی و با ارتفاع حدودا ۹۰ متر قرار دارد. ظرفیت ذخیره‌سازی هر کدام از این منابع آب نزدیک به ۹۰۰۰ مترمکعب می‌باشد. این منابع از طریق لوله‌های اتصالی به سیستم فرونشانی صدا و آتش مرتبط گشته و میزان آب موردنیاز آن‌ها در حین هر پرتاب و پس از آن را فراهم می‌کنند.

✓ سیستم فرونشانی صدا و آتش[۳۶]

روی هر سکوی پرتاب دو سیستم فرونشانی آتش و صدا نصب می‌گردد تا از فضاپیما و محموله‌های آن در مقابل آسیب‌های احتمالی ناشی از انرژی‌های شدید گرمایی و آکوستیک تولید شده از سمت موتور در حین بلند شدن و پرتاب موشک محافظت کند. این سیستم آب موردنیاز را از منابع ذخیره آب دریافت کرده و درست قبل از احتراق موتور و در حین پرتاب فضاپیما روی سکوی پرتاب می‌پاشد. آب رهاشده روی سطح صدای شدید ناشی از موتورها را خفه می‌کند. به دلیل گرم شدن آب، حجم زیادی از دود و بخار آب در حین پرتاب تولید می‌شود.

✓ گودال‌های انحراف شعله[۳۷]

زیر هر سکوی پرتاب و در جنوب آن یک گودال آتش قرار دارد که آتش و دود ناشی از پرتاب را به سمت بازتاب‌دهنده‌های شعله هدایت می‌کند.

✓ بازتاب‌دهنده‌های شعله[۳۸]

بازتاب‌دهنده‌های شعله سازه‌هایی به شکل سطوح شیبدار و قوسی می‌باشند که در فاصله حدود ۷۰ متری از سکوهای پرتاب پایگاه چابهار تعبیه شده و وظیفه کنترل و پراکنده‌کردن بخارها و شعله‌های آتش را بر عهده دارند.

✓ سیستم تخلیه اضطراری[۳۹]

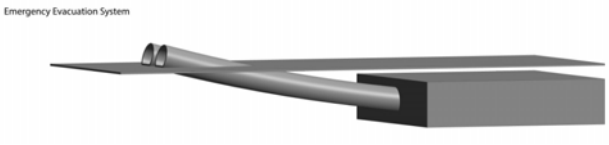
هر کدام از سکوها دارای یک سیستم تخلیه اضطراری می‌باشد که شامل لوله‌هایی به طول حدود ۶۵ متر از سکوهای پرتاب یا سکوهای پرتاب متحرک به سمت پناهگاه مقاوم در برابر انفجار[۴۰] در عمق ۱۲ متری زیر زمین می‌باشد. این پناهگاه‌ها ذخیره‌های غذایی و حیاتی برای زندگی ۲۰ نفر برای مدت ۲۴ ساعت را در خود جای داده است. علاوه بر این پناهگاه‌های امن در اعماق زمین، یک سیستم کابلی/ریلی[۴۱] هم وجود دارد که فضانوردان و تکنسین‌ها را در محفظه‌هایی به نام اتاقک‌های فرار[۴۲] جهت تخلیه سریع در مواقع ضروری از ارتفاع حدود ۱۰۰ متری در برج سرویس ثابت با سرعت حدود ۹۰ کیلومتر در ساعت به سمت منطقه‌های امن در فاصله ۵۰۰

32. Launch Pads I, II & III
33. Service Cabin
34. Pad Terminal Connection Rooms
35. Water Tank
36. Sound/Fire Suppresion Water System
37. Flame Trench
38. Flame Deflector
39. Emergency Evacuation System
40. Blast-resistant Bunker
41. Cable/Slidewire System
42. Escape Basket System

www.SID.ir

Archive of SID

متری از سکو هدایت می‌کند. در این فاصله افراد می‌توانند در اتاقک‌هایی امن پناه بگیرند. همچنین حامل‌هایی در این قسمت قرار دارند که فضانوردان مصدوم را از مجتمع پرتاب به مکان‌های امن دورتر منتقل می‌کنند.



شکل ۴- سیستم تخلیه اضطراری

✓ تأسیسات گازهای تحت فشار[۴۳]

در نزدیکی هر کدام از سکوهای پرتاب، سازه‌ای برای ذخیره و پخش گازهای تحت فشار قرار دارد که از طریق لوله‌های زیرزمینی به سکوی پرتاب و فضاپیما مرتبط شده و در صورت نیاز مواد موردنیاز آن‌ها را فراهم می‌کند.

✓ منابع ذخیره سوخت‌های اکسیژن و هیدروژن[۴۴]

در نزدیکی هر کدام از سکوها، منابعی برای ذخیره سوخت‌های اکسیژن و هیدروژن موردنیاز برای فضاپیماها در مواقع ضروری قرار دارد.

✓ لوله‌های انتقال اکسیژن و هیدروژن[۴۵]

منابع ذخیره سوخت‌های اکسیژن و هیدروژن با اتصالات و لوله‌هایی در زیر زمین به سکوهای پرتاب مرتبط می‌شوند. این اتصالات با قابلیت تحمل فشارهای بالا قادرند تا گازهای اکسیژن و هیدروژن را از خود عبور داده و به فضاپیماها برسانند. این لوله‌ها همچنین وظیفه تخلیه گازهای سمی و خطرناک ناشی از پرتاب فضاپیما را بر عهده دارند.

✓ ایستگاه‌های ذخیره نفت سفید[۴۶]

در نزدیکی هر کدام از سکوها، منابعی برای ذخیره نفت سفید یا کروزن موردنیاز برای فضاپیماها در مواقع ضروری قرار دارد.

✓ برج‌های سرویس‌دهی ثابت[۴۷]

در مجاورت هر کدام از سکوهای پرتاب و در قسمت شمالی آن‌ها، یک برج سرویس‌دهی ثابت قرار دارد که ابعاد آن در حدود ابعاد سکوهای پرتاب می‌باشد. این برج‌ها علاوه بر ثابت بودن، قابلیت چرخیدن دور سکوی پرتاب را نیز دارند. این برج‌ها کار سوخت‌رسانی، بارگیری و رفت و آمد خدمه پایگاه به داخل فضاپیما را تسهیل می بخشند و دارای آسانسورهایی جهت دسترسی خدمه به ارتفاعات بالاتر در فضاپیما می‌باشند. درست قبل از مشتعل شدن و به کار افتادن موتور موشک، کلیه اتصالات بین برج سرویس‌دهی ثابت و فضاپیما قطع می‌شود و پل ارتباطی روی این اتصالات به سرعت جمع شده تا از وارد آمدن هر نوع آسیب به سازه و فضاپیما جلوگیری گردد.

اتاقک‌هایی به نام اتاقک‌های آماده‌سازی[۴۸] با ابعاد ۳ متر در ۴ متر و ارتفاع ۳ متر در انتهای مسیر منتهی به فضاپیما از سازه سرویس‌دهی ثابت قرار دارند. در این اتاقک‌ها، فضانوردان آماده‌سازی‌های نهایی قبل از ورود به فضاپیما را انجام می‌دهند. این آماده‌سازی‌ها می‌تواند شامل پوشیدن سیستم چتر نجات و کلاه ایمنی و جداسازی واحدهای تهویه هوای قابل‌حمل باشد.

✓ سیستم ریلی[۴۹]

برج‌های سرویس‌دهی متحرک از مسیرهای ریلی دوگانه (رفت و برگشتی) تعبیه شده به سمت سکوهای پرتاب تردد می‌کنند و پس از اتمام کار از این مسیرها برمی‌گردند.

✓ برج‌های سرویس‌دهی متحرک[۵۰]

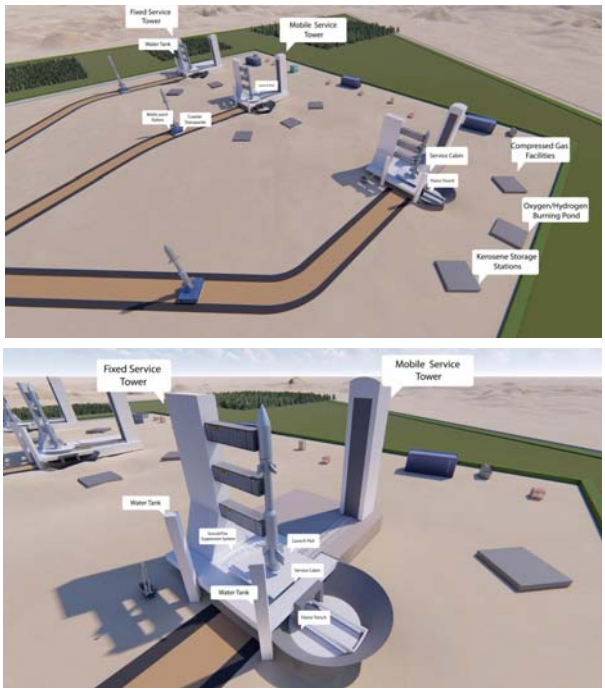
در سمت شرقی هر کدام از سکوهای پرتاب و در امتداد سیستم‌های ریلی، سازه‌ای عظیم به ابعاد ۴۰ متر در ۴۰ متر و ارتفاع ۱۴۰ متر قرار داده شده است. این سازه بدون طبقه بوده و با سرعت ۱۲ کیلومتر بر ساعت میتواند روی ریل‌ها حرکت کند. پس از رسیدن به سکوی پرتاب، این برج فضاپیما را در برگرفته و از برف و باران و وضعیت‌های جوی مختلف محافظت می‌کند. علاوه بر موشک و پرسنل، این برج همچنین مکانی امن برای چندین سیستم کلیدی از جمله کابین سرویس و بخشی از سیستم سوخت‌رسانی می‌باشد.

این برج برای دسترسی پرسنل به فضاپیما پیش از پرتاب و در زمان شمارش معکوس طراحی شده است. این سازه همچنین می‌تواند برای سرویس‌دهی به سکو پس از پرتاب و برای بررسی فضاپیما در صورت بروز اشکال استفاده شود. با استفاده از این برج، تکنسین‌ها به راحتی می‌توانند به هر قسمت از فضاپیما به طور کامل دسترسی داشته باشند. پل‌های دسترسی داخلی برج، بخش‌های فوقانی فضاپیما و قسمت‌های بارگیری را احاطه می‌کنند. این برج همچنین به آسانسور، جرثقیل، تهویه و تجهیزات کنترل آب و هوا و یک سیستم تخلیه اضطراری خاص مجهز است. [۷، ۱۰ و ۱۲]

43. Compressed Gas Facilities
44. Oxygen/Hydrogen Burning Pond
45. Oxygen/Hydrogen Vent Lines
46. Kerosene Storage Stations
47. Fixed Service Tower/Umbilical Tower
48. Preparation rooms
49. Railway Systems
50. Mobile Service Towers

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۵- سکوهای پرتاب در پایگاه پرتاب چابهار

مجموعه پردازش فضاپیماها و ماهواره‌ها

این مجموعه شامل تعدادی ساختمان با عملکرد مستقل می‌باشد که توسط سازه‌ای راهرومانند به یکدیگر مرتبط می‌شوند. در این مجموعه، ماهواره‌برها و ماهواره‌ها در ساختمان‌های مجزا ساخته شده و در ساختمان‌های دیگر عملیات سوخت‌رسانی انجام می‌شود. در انتها نیز، این قسمت‌ها در ساختمان مونتاژ، به یکدیگر متصل شده و آماده اعزام به سمت سکوهای پرتاب می‌شوند. وجود کلیه این ساختمان‌ها در مجاورت یکدیگر، یک مرکز متمرکز پردازش و مونتاژ را به وجود می‌آورد که تمام فعالیت‌های آماده‌سازی این مرکز فضایی را تثبیت می‌کند. موشک‌ها و فضاپیماها با اندازه‌های مختلف همچنان در داخل کارگاه‌های تخصصی آماده می‌شوند، با این تفاوت که همه آن‌ها در کنار یکدیگر قرار دارند و با یک راهروی واحد به یکدیگر مرتبط می‌شوند. چنین راه‌حل ابتکاری، برای به حداقل رساندن حجم هر یک از ساختمان‌های اختصاصی، از بین بردن تفکیک زیربناهای پشتیبانی، انجام تمامی فعالیت‌های آماده‌سازی فضاپیما زیر یک سقف و امکان گسترش آینده این مرکز پیش‌بینی شده است. شایان ذکر است که مجموعه پردازش مجهز به سیستم آب‌شیرین‌کن برای مصارف صنعتی بوده که آب ورودی از دریا را اصلاح و آماده مصرف در پایگاه می‌کند. مجموعه پردازش شامل ساختمان‌ها و تجهیزات زیر می‌باشد:

✓ ساختمان مونتاژ تقویت‌کننده‌ها[51]

در این ساختمان ۵۵ متری با مساحتی حدود ۸۰۰۰۰ مترمربع، تقویت‌کننده‌های موشک‌ها و فضاپیماها ساخته و مونتاژ می‌گردند.

✓ ساختمان پردازش ماهواره‌ها[52]

این مجتمع یکی از ساختماهای اصلی در نظر گرفته شده برای پایگاه پرتاب چابهار می‌باشد که مساحتی حدود ۳۷۵۰۰ مترمربع با ابعاد ۱۲۵ متر در ۳۰۰ متر دارد. این ساختمان مرکز اصلی ساخت، آماده‌سازی و پردازش ماهواره‌ها می‌باشد. این مرکز یک ساختمان ۸ طبقه به ارتفاع حدود ۴۰ متر می‌باشد و مجهز به سیستم‌های تنظیم دما و تهویه هوا و همچنین دو جرثقیل ۵۰ تنی به ارتفاع حدود ۳۴ متر می‌باشد.

✓ ایستگاه خنثی‌سازی و سوخت‌رسانی[53]

این ایستگاه یک مجموعه ۴ طبقه برای ذخیره‌سازی سوخت موردنیاز فضاپیماها می‌باشد. این مجموعه به تجهیزات کنترل آب و هوا مجهز بوده و از سیستم‌های امنیتی خاصی برای جلوگیری از اشتعال مواد سوختی برخوردار است.

✓ مجتمع پردازش، آماده‌سازی و انبار موشک‌ها و ماهواره‌برها[54]

در این مجتمع، کلیه مراحل آماده‌سازی و پردازش موشک‌ها و ماهواره‌برها انجام می‌شود. همچنین در این ساختمان مکانی برای انبار ماهواره‌برها قبل از اعزام به ساختمان مونتاژ در نظر گرفته شده است.

✓ مجتمع نیروی محرکه و ذخیره‌سازی اکسیژن و نیتروژن[55]

در این مجتمع، سوخت‌های اکسیژن و نیتروژن موردنیاز برای ماهواره‌برها تامین می‌شود. این مجموعه ابعادی در حدود ۲۵۰ متر در ۱۲۵ متر داشته و مجهز به آزمایشگاه‌های شیمی و فیزیک می‌باشد.

✓ گالری انتقال[56]

کلیه ساختمان‌های مجموعه پردازش، اعم از ساختمان‌های پردازش، سوخت‌رسانی و نیروی محرکه، با استفاده از ساختمانی راهرومانند به نام گالری انتقال با طول حدود ۱۶۰۰ متر و عرض ۱۵۵ متر به یکدیگر متصل می‌شوند.

✓ ساختمان مونتاژ[57]

یکی از مهم‌ترین سازه‌های در نظر گرفته شده برای پایگاه پرتاب چابهار، ساختمان مونتاژ می‌باشد که در انتهای گالری انتقال قرار گرفته و مونتاژ و برهم‌نهی کلیه قطعات ماهواره‌برها و ماهواره‌ها در

51. Booster Integration Building
52. Spacecraft/Payload Processing Building
53. Fueling &Neutalization Station / Power Supply, Charging & Battery Station
54. Rocket Processing, Preparation & Storage Complex
55. Propellant Complex (Oxygen & Nitrogen Plant)
56. Transfer Gallery
57. Vehicle Assembly Building (VAB)

www.SID.ir

Archive of SID

این مرکز انجام می‌گیرد. این سازه عظیم بدون طبقه بوده و حجمی بالغ بر ۳۷۰۰۰۰۰ مترمکعب با ابعاد ۱۵۰ متر در ۱۵۵ متر و ارتفاع ۱۶۰ متر دارد. این سازه دارای ۴ در ورودی اصلی بوده هر کدام ارتفاعی برابر با ۱۴۰ متر داشته و دارای ۷ پانل عمودی و ۴ پانل افقی می باشد و حدود ۴۵ دقیقه زمان برای باز یا بسته کردن آن لازم است. ورودی غربی آن به راهروی انتقال منتهی می‌شود. یک در کوچکتر در قسمت جنوبی این سازه برای عبور مهندسین و وسایل عادی تعبیه شده است که در جلوی پارکینگ قرار دارد.

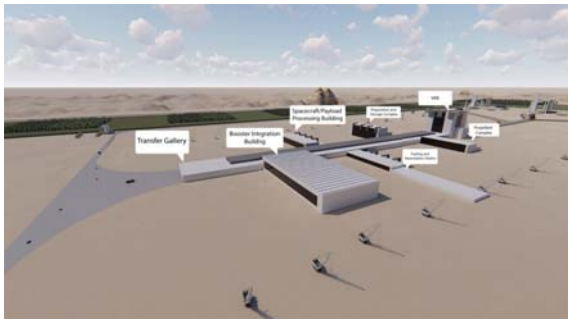
جهت بلندکردن و جابجایی قطعات مختلف فضاپیماها، ساختمان مونتاژ مجهز به ۵ جرثقیل هوایی می‌باشد. همچنین تعداد زیادی وسیله دیگر جهت جابجایی قطعات متفاوت و کوچکتر در این ساختمان در نظر گرفته شده است. همچنین ساختمان مونتاژ دارای تجهیزات تهویه هوا و کنترل رطوبت بوده و ۱۲۵ دستگاه تهویه روی سقف آن قرار دارد. به این ترتیب، هوای داخل ساختمان در هر ساعت به طور کامل تعویض خواهد شد. [۱۱، ۱۲، ۱۳ و ۱۵]

مجموعه انتقال فضاپیما از محل پردازش و مونتاژ تا سکوهای پرتاب

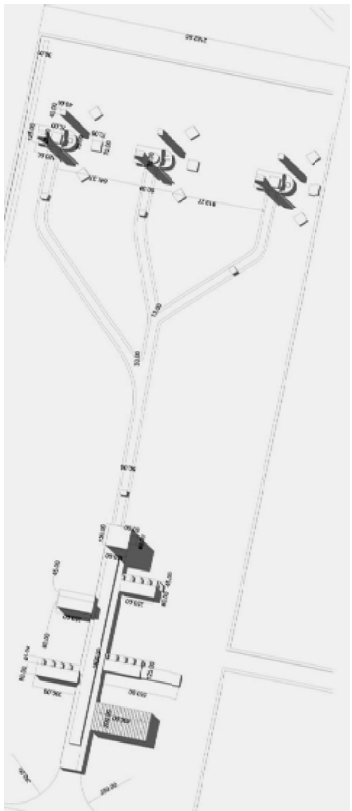
این مجموعه شامل کلیه زیرساخت‌هایی است که فضاپیما را از محل پردازش و مونتاژ به محل سکوهای پرتاب هدایت می‌کند. این زیرساخت‌ها به شرح زیر هستند (شکل‌های ۶ و ۷):

- ✓ سیستم‌های انتقال‌دهنده کرالر[58]

سیستم انتقال‌دهنده کرالر یک جفت وسیله مکانیکی جهت جابجایی فضاپیما از ساختمان مونتاژ به سمت سکوهای پرتاب ۱، ۲ و ۳ می‌باشد. ظرفیت حمل و ابعاد کرالر با توجه به مطالعه مقایسه‌ای با پیشرفته‌ترین پایگاه‌های پرتاب سراسر دنیا برای حمل پیشرفته‌ترین و سنگین‌ترین‌های ماهواره‌برهای احتمالی انتخاب شده است. از آنجا که بسیاری از اطلاعات موردنیاز در مورد مشخصات ماهواره‌برهای احتمالی، نظیر ابعاد، وزن، روش حمل، شارژ سوخت و ...، از جمله اطلاعات محرمانه‌ای به شمار می‌رود که در اختیار هر شخص یا ارگانی قرار داده نمی‌شود، لذا امکان استفاده از این مشخصات به عنوان پارامترهای ورودی در این تحقیق وجود ندارد. بنابراین بهترین راهکار، مراجعه به پیشرفته‌ترین پایگاه‌های سراسر دنیا و الگوگیری از آن‌هاست تا از این طریق بتوان پایگاهی با استانداردهای جهانی برای ظرفیت‌های مختلف پرتاب ماهواره‌بر طراحی نمود. سیستم انتقال‌دهنده کرالر طراحی شده، باید توانایی حمل حدود ۶۰۰۰ تن بار را داشته باشد و حداقل سه مورد از آن‌ها به حالت فعال در یک زمان در پایگاه وجود داشته باشد. سیستم انتقال‌دهنده کرالر، انواع مختلف فضاپیماها را روی سکوی پرتاب متحرک منتقل می‌کند و سپس سکو را به ساختمان مونتاژ برمی‌گرداند. این سیستم به ابعاد ۴۰ متر در ۴۶ متر و به ارتفاع ۷ متر در نظر گرفته شده است. هر کرالر وزنی معادل ۳۰۰۰ تن بدون بار و سرعت حداکثر حدود ۱/۶ کیلومتربرساعت به همراه بار را داراست. همچنین به یک سیستم متعادل‌سازی مجهز است که سازه پرتابی را در حین انتقال به بالای سکوی پرتاب متعادل کرده و به صورت عمود نگه می‌دارد. مسیر انتقال کرالر و سکوی پرتاب متحرک یک مسیر آسفاته دوطرفه به عرض ۵۰ متر می‌باشد. در قسمت میانی این مسیر، یک جاده فرعی به صورت پارکینگ در نظر گرفته شده است تا در صورت بروز مشکلات فنی، سیستم کرالر به همراه سکوی پرتاب متحرک در این مکان استقرار یابند. در کنار مسیر اصلی دو بانده برای عبور سکوی پرتاب متحرک، یک جاده آسفالته دوطرفه ماشین‌رو نیز تعبیه شده است.



شکل ۶- مجموعه پردازش فضاپیماها و ماهواره‌ها در پایگاه پرتاب چابهار



شکل ۷- نقشه پلان سکوهای پرتاب و مجتمع پردازش در پایگاه پرتاب چابهار

58. Crawler-Transporter Systems

www.SID.ir

Archive of SID

مجموعه انتقال فضاپیما از محل پردازش و مونتاژ تا سکوهای پرتاب

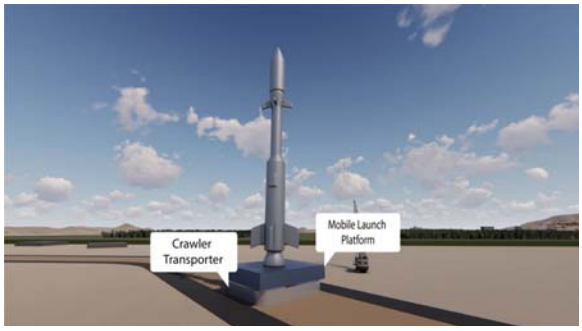
این مجموعه شامل کلیه زیرساخت‌هایی است که فضاپیما را از محل پردازش و مونتاژ به محل سکوهای پرتاب هدایت می‌کند. این زیرساخت‌ها به شرح زیر می‌باشند:

✓ سیستم‌های انتقال‌دهنده کرالر[۵۹]

سیستم انتقال‌دهنده کرالر یک جفت وسیله مکانیکی جهت جابجایی فضاپیما از ساختمان مونتاژ به سمت سکوهای پرتاب ۱، ۲ و ۳ می‌باشد. ظرفیت حمل و ابعاد کرالر با توجه به مطالعه مقایسه‌ای با پیشرفته‌ترین پایگاه‌های پرتاب سراسر دنیا برای حمل پیشرفته‌ترین و سنگین‌ترین ماهواره‌برهای احتمالی انتخاب شده است. از آنجا که بسیاری از اطلاعات موردنیاز در مورد مشخصات ماهواره‌برهای احتمالی، نظیر ابعاد، وزن، روش حمل، شارژ سوخت و ...، از جمله اطلاعات محرمانه‌ای به شمار می‌رود که در اختیار هر شخص یا ارگانی قرار داده نمی‌شود، لذا امکان استفاده از این مشخصات به عنوان پارامترهای ورودی در این تحقیق وجود ندارد. بنابراین بهترین راهکار، مراجعه به پیشرفته‌ترین پایگاه‌های سراسر دنیا و الگوگیری از آن‌هاست تا از این طریق بتوان پایگاهی با استانداردهای جهانی برای ظرفیت-های مختلف پرتاب ماهواره‌بر طراحی نمود. سیستم انتقال‌دهنده کرالر طراحی شده، باید توانایی حمل حدود ۶۰۰۰ تن بار را داشته باشد و حداقل سه مورد از آن‌ها به حالت فعال در یک زمان در پایگاه وجود داشته باشد. سیستم انتقال‌دهنده کرالر، انواع مختلف فضاپیماها را روی سکوی پرتاب متحرک منتقل می‌کند و سپس سکو را به ساختمان مونتاژ برمی‌گرداند. این سیستم به ابعاد ۴۰ متر در ۴۶ متر و به ارتفاع ۷ متر در نظر گرفته شده است. هر کرالر وزنی معادل ۳۰۰۰ تن بدون بار و سرعت حداکثر حدود ۱/۶ کیلومتربرساعت به همراه بار را داراست. همچنین به یک سیستم متعادل‌سازی مجهز است که سازه پرتابی را در حین انتقال به بالای سکوی پرتاب متعادل کرده و به صورت عمود نگه می‌دارد. مسیر انتقال کرالر و سکوی پرتاب متحرک یک مسیر آسفاته دوطرفه به عرض ۵۰ متر می‌باشد. در قسمت میانی این مسیر، یک جاده فرعی به صورت پارکینگ در نظر گرفته شده است تا در صورت بروز مشکلات فنی، سیستم کرالر به همراه سکوی پرتاب متحرک در این مکان استقرار یابند. در کنار مسیر اصلی دو بانده برای عبور سکوی پرتاب متحرک، یک جاده آسفالته دوطرفه ماشین‌رو نیز تعبیه شده است (شکل ۸).

✓ سکوهای پرتاب متحرک[۶۰]

سکوی پرتاب متحرک یکی از سه سازه فعال دو طبقه در نظر گرفته شده در پایگاه پرتاب چابهار است که برای نگهداری سیستم فضاپیما در طول مراحل ساخت و پرتاب، شامل مراحل مونتاژ در ساختمان مونتاژ و مراحل انتقال به سکوهای پرتاب، مورد استفاده قرار می‌گیرد. هر سکوی پرتاب متحرک با ابعاد ۴۸ متر در ۴۰ متر و ارتفاع حدود ۸ متر، وزنی حدود ۳۷۵۰ تن بدون بار دارد. سکوی پرتاب متحرک در حالت سکون روی ۶ پایه ۶/۷ متری سوار می‌شود. سکوی پرتاب متحرک به همراه متعلقات توسط سیستم انتقال‌دهنده کرالر به سکوی پرتاب منتقل می‌شود. پس از پرتاب نیز، سیستم انتقال‌دهنده کرالر، سکوی پرتاب متحرک خالی را برای آماده‌سازی جهت پرتاب بعدی به ساختمان مونتاژ بازمی‌گرداند (شکل ۸) [۶ و ۷].



شکل ۸- سیستم‌های انتقال‌دهنده کرالر و سکوی پرتاب متحرک

مجموعه مرکزی کنترل و ارزیابی پرتاب‌ها

این مجموعه شامل دو ساختمان اصلی جهت کنترل و ارزیابی پرتاب‌های صورت گرفته از پایگاه فضایی چابهار در نظر گرفته شده است. این دو ساختمان مرکزی عبارتند از:

✓ مرکز کنترل پرتاب

مرکز کنترل پرتاب در پایگاه فضایی چابهار جهت هدایت و کنترل پرتاب‌ها از سکوهای پرتاب در نظر گرفته شده است. این مرکز که در قسمت شرقی پایگاه و در نزدیکی ساختمان مونتاژ قرار دارد، ساختمانی ۴ طبقه با ابعاد ۶۰ متر در ۳۰ متر بوده و پارکینگی اختصاصی روبروی آن در نظر گرفته شده است. این ساختمان شامل ادارات، تلمتری، تجهیزات ردیابی و ابزارگزاری، سیستم آنالیز اتوماتیک پرتاب و ۴ اتاق آتش می‌باشد.

کلیه عملیات پرتاب از اتاق آتش واقع در ساختمان کنترل پرتاب هدایت می‌شود. مسئولیت کنترل تقویت‌کننده‌ها و فضاپیماها از ابتدا تا لحظه پرتاب بر عهده اتاق آتش می‌باشد.

59. Crawler-Transporter Systems

60. Mobile Launcher Platform

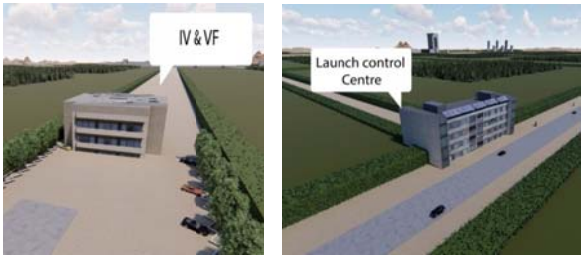
www.SID.ir

Archive of SID

پس از اینکه کلیه ارتباطات بین برج مرکزی و فضاپیما قطع شده و پرتاب صورت گرفت، مسئولیت کنترل به ادارات دیگر این مرکز محول می‌شود. اعضای اصلی مجموعه کنترل پرتاب مستقر در اتاق آتش عبارتند از: مدیر پرتاب، مدیر جریان، مدیر آزمایشات، مسئول انجام آزمایش ماهواره و ماهواره‌بر، مسئول انجام آزمایش تقویت‌کننده، مسئول انجام آزمایش ظرفیت حمل بار، هماهنگ‌کننده سیستم آنالیز پرتاب، سرپرست عملیات در محدوده زمین و مهندس ترتیب‌سنج پرتاب.

✓ مرکز بررسی و تأیید مستقل

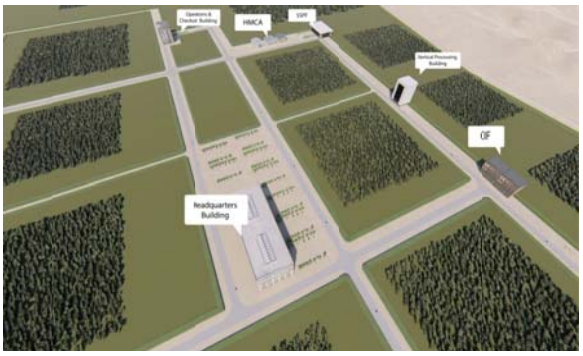
ساختمان بررسی و تأیید مستقل، ساختمانی تحت نظر مستقیم آژانس فضایی جمهوری اسلامی ایران است که مستقل از مرکز کنترل پرتاب، وظیفه بررسی، کنترل و نظارت بر کلیه اقدامات پایگاه فضایی چابهار را بر عهده دارد. این مرکز، ساختمانی مربعی و دو طبقه با ابعاد ۵۰ متر در ۵۰ متر بوده و در راستای تحقق هدف رسیدن به بالاترین سطح ایمنی در طول پرتاب‌های پایگاه فضایی چابهار در نظر گرفته شده است (شکل ۹) [۶ و ۷].



شکل ۹- مرکز کنترل پرتاب و مرکز بررسی و تأیید مستقل در پایگاه پرتاب چابهار

مجموعه مراکز صنعتی[61]

این مجموعه شامل مراکز اصلی فرماندهی و اداری پایگاه پرتاب چابهار است. این مجموعه همچنین چند ساختمان اصلی دیگر جهت ذخیره‌سازی سوخت، ابزارگزاری و تجهیزات مربوط به ایستگاه فضایی را در بر می‌گیرد (شکل ۱۰).



شکل ۱۰- مجموعه مراکز صنعتی پایگاه پرتاب چابهار

61. Industrial Centers

شکل ۱۱- نقشه پلان مراکز کنترل و ارزیابی پرتاب‌ها و مجموعه مراکز صنعتی در پایگاه پرتاب چابهار

ساختمان‌های مرکز صنعتی پایگاه فضایی چابهار به صورت زیر درنظر گرفته می‌شود:

✓ مرکز فرماندهی

مرکز فرماندهی یک ساختمان سه طبقه با مساحت حدود ۴۸۰۰۰ مترمربع و با ابعاد حدود ۱۲۰ متر در ۴۰۰ متر می‌باشد. این ساختمان مرکز اصلی فرماندهی و امور اداری در پایگاه پرتاب چابهار می‌باشد و شامل ادارات متعدد برای فرمانده و رئیس پایگاه، کارمندان مرکز مدیریت، پرسنل پرواز، پیمانکاران و کارمندان اداری کل پایگاه می‌باشد. همچنین در این ساختمان چندین کتابخانه و محل ذخیره آرشیو فیلم‌ها و عکس‌های مرتبط با پایگاه و پرتاب‌های انجام‌شده قرار دارد.

✓ ساختمان اجرایی

این مرکز ساختمانی پنج طبقه و با ابعاد ۱۰۰ متر در ۲۰۰ متر می‌باشد. بخشی از محموله‌های فضایی در این مرکز پردازش، مونتاژ و کنترل می‌گردند. این ساختمان مجهز به کارگاه‌هایی می‌باشد تولید و بررسی کارایی فضاپیماهایی که برای پرتاب انسان به فضا به کار می‌روند را بر عهده دارند. همچنین اقامتگاه خدمه فضانورد و قسمت آماده‌سازی فضانوردان پیش از پرواز در این ساختمان قرار دارد.

✓ تجهیزات ابزارگذاری مرکزی

ساختمانی سه طبقه با مساحتی بالغ بر ۱۴۰۰۰ مترمربع و با ابعاد ۸۰ متر در ۱۸۰ متر می‌باشد که در بالای آن، آنتن‌های متعدد وجود دارد. این ساختمان مرکز ابزارگذاری فضاپیماها و هسته مرکزی پردازش داده در پایگاه فضایی چابهار می‌باشد که شامل ادارات، آزمایشگاه‌ها، ایستگاه‌های آزمایشی و انبار وسایل ابزارگذاری می‌باشد. در این مجموعه همچنین انواع ابررایانه‌ها و

www.SID.ir

Archive of SID

وسایل پیشرفته الکترونیکی جهت کاهش، آنالیز و ارسال داده‌های تلمتری به مراکز دیگر پایگاه مستقر شده‌اند.

✓ تجهیزات پردازش عمودی

ساختمان تجهیزات پردازش عمودی ساختمانی مرتفع با ابعاد ۹۰ متر در ۹۰ متر با ارتفاع ۱۴۰ متر می‌باشد که فضاپیماها در آن به صورت ایستاده و عمودی مورد پردازش قرار می‌گیرند. با استفاده از دو جرثقیل هوایی، راه ارتباطی با فضاپیماها برقرار شده و تکنسین‌ها می‌توانند آن‌ها را بررسی کنند.

✓ ساختمان نگهداری و بررسی مواد مشتعل‌سازی

این مجتمع از سه ساختمان مجزا تشکیل شده است که به دلیل مواد خطرناکی که در آن‌ها نگهداری می‌شود از سایر بخش‌های صنعتی جدا شده است. این مجتمع برای ذخیره‌سازی و پردازش مواد انفجاری و قابل‌اشتعال مورداستفاده در موتورهای اصلی[۶۲] و سیستم کنترل عکس‌العمل موشک و ماهواره‌بر[۶۳] و همچنین سیستم‌های ردیابی مداری برای فضاپیماها[۶۴] در نظر گرفته شده است. این ساختمان‌ها همچنین به عنوان انبار و پناهگاه موقت ضایعات خطرناک قبل از دفع نهایی آن‌ها به شمار می‌رود.

✓ تجهیزات پردازش ایستگاه فضایی[۶۵]

ساختمان سه طبقه‌ای با ابعاد ۱۵۰ متر در ۲۷۰ متر می‌باشد که در نزدیکی ساختمان اجرایی قرار دارد. این مجموعه برای تولید، ایجاد و پردازش ایستگاه فضایی بین‌المللی[۶۶] و سخت‌افزارهای پرواز و مولفه‌های ساختاری آن به کار می‌رود و شامل آزمایشگاه‌های متعدد می‌باشد [۶-۱۵].

مجموعه مراکز تجاری[۶۷]

به عنوان بخشی از پروژه توسعه تجاری صنعت فضایی کشور در منطقه، پایگاه پرتاب چابهار می‌تواند تعدادی از امکانات خود را به مراکز دیگر خصوصی و دولتی اجاره دهد. از جمله مهم‌ترین این امکانات می‌توان به موارد زیر اشاره کرد: مجموعه بازدید عموم برای استفاده‌کنندگان چندمنظوره، تجهیزات فرود موشک در فرودگاه پایگاه، تجهیزات آنالیز فضاپیماها، سکوهای پرتاب آزاد در زمان‌های مشخص، ساختمان اجرایی و نظارت و تجهیزات نگهداری و بررسی مواد مشتعل‌سازی. کلیه کارهای اداری مربوط به اجاره این امکانات که مستلزم ارتباط با مراکز مختلف کشور و حتی منطقه می‌باشد، در ساختمانی سه‌طبقه با ابعاد ۵۰ متر در ۸۰ متر در قسمت جنوبی پایگاه پرتاب چابهار انجام می‌شود (شکل ۱۲) [۶ و ۷].

62. Main Engines
63. Space Shuttle Reaction Control System
64. Orbital Manoeuvering System
65. Space Station Processing Facility
66. International Space Station
67. Commercial Centers

شکل ۱۲- مجموعه مراکز تجاری پایگاه پرتاب چابهار

مجموعه بازدید عموم (مجتمع بازدید)[۶۸]

در قسمت غربی پایگاه پرتاب چابهار، مجموعه‌ای برای بازدید عموم جهت نمایش دستاوردهای فضایی جمهوری اسلامی ایران در نظر گرفته شده است. این مجموعه مساحتی بالغ بر ۲۰ هکتار با ابعادی برابر با ۴۰۰ متر در ۵۰۰ متر دارد و شامل تجهیزات زیر می‌باشد:

✓ سالن‌های آی‌مکس[۶۹]

دو سالن تئاتر آی‌مکس پیش‌بینی‌شده در مجموعه بازدید پایگاه چابهار برای نمایش فیلم‌هایی از روند طراحی ماهواره‌ها، فضاپیماها، موشک‌ها و سایر دستاوردهای فضایی جمهوری اسلامی ایران به کار می‌رود.

✓ تالار مشاهیر فضانوردی

تالار مشاهیر در مجموعه بازدید جهت نمایش تاریخچه زندگی محققین عرصه فضا و فضانوردان کشور در نظر گرفته شده است.

✓ شبیه‌ساز سفر به فضا[۷۰]

این مرکز برای علاقه‌مندان و داوطلبان برای کسب تجربه سفر فضایی تعبیه شده و شرایط محیطی، فشار، دما و سایر پارامترهای فضایی را شبیه‌سازی می‌کند.

✓ اتاق جلسات

اتاق جلسات محل برگزاری جلسات و نشست‌ها در مجتمع بازدید جهت ارائه تجربیات آموزشی فضانوردان به عموم مردم می‌باشد.

✓ راهروی نمایش دستاوردهای فضایی

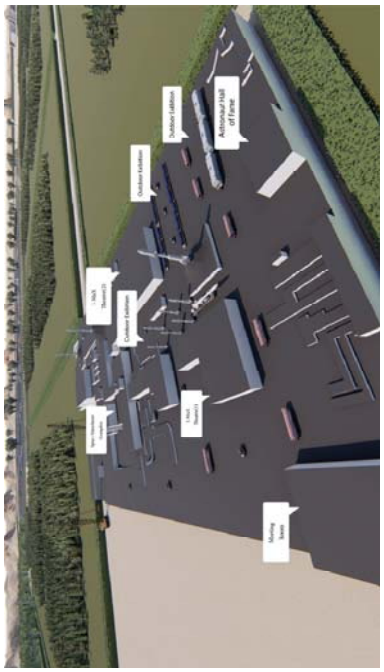
در قسمت‌های مرکزی مجتمع بازدید و در بین ساختمان‌ها و تجهیزات ذکرشده، انواع دستاوردهای فضایی کشور در مناطق مختلف در معرض دید عموم قرار گرفته است. این قسمت شامل نمایش انواع مختلفی از فضاپیماها، موشک‌های تاریخی و جذابیت‌های متفاوت از تاریخ و آینده پرواز فضایی انسان و

68Visitor Complex
69IMAX Theaters
70Shuttle Launch Experience (Simulator)

www.SID.ir

Archive of SID

روبات‌ها می‌باشد. در این قسمت، همچنین تورهای مختلفی با اتوبوس برای علاقه‌مندان به صنعت فضایی تدارک دیده شده است. [۶، ۷، ۱۰، ۱۱، ۱۲، ۱۳ و ۱۵]



شکل ۱۳- مجتمع بازدید پایگاه پرتاب چابهار

مجموعه مراکز تحقیقاتی و آموزش فضانوردان

جنب مجتمع بازدید و در قسمت غربی آن، مجموعه‌ای از مراکز تحقیقاتی و آموزشی با مساحت ۱۶۰۰۰ مترمربع تعبیه شده‌اند. دو ساختمان اصلی این مجموعه به شرح زیر می‌باشند:

- ✓ مرکز تحقیقات و توسعه صنعت فضایی[۷۱]

این مرکز می‌تواند قطب علمی کشور در صنعت فضایی بوده و با کلیه دانشگاه‌ها و مراکز علمی کشور و سراسر دنیا در ارتباط باشد. کلیه مهندسین و تکنسین‌های صنعت هوافضا و دیگر صنایع مرتبط می‌توانند در این مرکز مشغول به کار شده و در پیشبرد اهداف فضایی کشور سهیم باشند. وجود چنین مرکز تحقیقاتی در داخل یک پایگاه فضایی مدرن مانند پایگاه پرتاب چابهار امری ضروری می‌باشد.

- ✓ مرکز آموزش فضانوردان[۷۲]

این مرکز شامل انواع کلاس‌های درس تئوری و عملی با آزمایشگاه‌های مختلف و با امکانات مجهز برای آموزش فضانوردان و همچنین مهندسین و تکنسین‌های صنعت فضایی کشور در نظر گرفته شده است.[۱۰، ۱۱، ۱۲ و ۱۵]

71. Research and Development Area (R&D)
72. Astronaut Training Center

شکل ۱۴- مجموعه مراکز تحقیقاتی و آموزش فضانوردان در پایگاه پرتاب چابهار

شکل ۱۵- نقشه پلان مجتمع بازدید و مجموعه مراکز تحقیقاتی و آموزش فضانوردان در پایگاه پرتاب چابهار

مجموعه مراکز اخباررسانی و مطبوعاتی

سایت اخباررسانی و مطبوعاتی به صورت مراکزی رسانه‌ای در پایگاه پرتاب چابهار در نظر گرفته شده است که محل استقرار خبرنگاران و روزنامه نگاران در کلیه پرتاب‌های فضایی از این پایگاه خواهد بود. این سایت مساحتی حدود ۲۵۰۰ مترمربع داشته و در قسمت شمالی پایگاه پرتاب، بالای مجموعه پردازش و در فاصله‌ای حدود ۵ کیلومتر از سکوهای پرتاب قرار دارد. این مجموعه را می‌توان به سه بخش تقسیم کرد:

- ✓ سایت مطبوعاتی[۷۳]

این سایت به صورت یک ساختمان هفت طبقه با ابعاد ۲۰ متر در ۳۰ متر در نظر گرفته شده است که شامل ادارات مختلف و سالن کنفرانس می‌باشد. کنفرانس‌های مطبوعاتی مسئولین پایگاه و مقامات کشوری و لشکری برای توضیح در مورد پیشرفت‌های حاصله و پرتاب‌های انجام‌شده و پیش‌رو در این مکان برگزار می‌گردد.

- ✓ مرکز اخبار[۷۴]

مرکز اخبار پایگاه چابهار به صورت ساختمانی هشت طبقه با

73. Press Site
74. News Media Facility

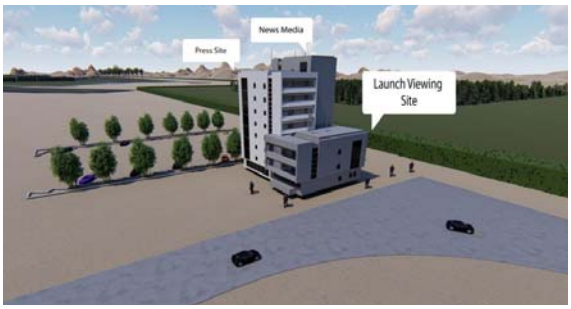
www.SID.ir

Archive of SID

ابعاد ۳۰ متر در ۳۰ متر و مجاور سایت مطبوعاتی در نظر گرفته شده است. این مرکز جهت جمع‌آوری اطلاعات و اخبار جدید از پایگاه پرتاب چابهار و سایر پایگاه‌های دنیا و باز نشر آن‌ها از طریق رادیو و تلویزیون مورد استفاده قرار خواهند گرفت. این مرکز شامل ۱۵ دفتر پشتیبانی سایت، محل کار رسانه‌های مختلف و کتابخانه رسانه‌ای می‌باشد.

- ✓ محل تماشای پرتاب‌ها[۷۵]

این مکان یک سایت بالکن‌مانند و با ابعاد ۲۰ متر در ۵۰ متر می‌باشد و محل استقرار کلیه خبرنگاران و روزنامه‌نگاران برای تماشای پرتاب‌ها می‌باشد [۶، ۷، ۱۰، ۱۱، ۱۲ و ۱۴].



شکل ۱۶- مجموعه مراکز اخبارسانی و مطبوعات در پایگاه پرتاب چابهار

فرودگاه اختصاصی مربوط به پایگاه فضایی چابهار[۷۶]

با توجه به اطلاعات بدست‌آمده از محل پایگاه پرتاب چابهار و تسهیلات اطراف این پایگاه، فرودگاهی متعلق به ارتش جمهوری اسلامی ایران در نزدیکی آن وجود دارد. گرچه می‌توان از این فرودگاه برای رفت‌وآمد و حمل‌ونقل تجهیزات استفاده کرد، بهتر است پایگاه پرتابی در سطح استانداردهای جهانی مانند پایگاه فضایی چابهار دارای فرودگاه اختصاصی باشد. این فرودگاه در قسمت شمال غربی پلان پایگاه پرتاب با ابعادی حدود ۳۰۰۰ متر در ۶۲۰۰ متر تعبیه شده است. این فرودگاه شامل تجهیزات فرود هواپیمای مسافربری، تجهیزات و باند فرود موشک و هواپیماهای باربری، تاسیسات آتش‌نشانی برای جلوگیری از حوادث احتمالی برای فضاپیماها و هواپیماها، ترمینال مسافربری و باربری، بخش تشریفات برای ورود و خروج مقامات و بخشی مجزا برای استقرار هواپیماهای جست‌وجو و نجات در سمت مخالف باندهای اصلی می‌باشد [۶، ۷، ۱۱ و ۱۲].

منطقه مسکونی[۷۷]

در قسمت جنوب غربی پایگاه پرتاب چابهار، یک منطقه مسکونی با مساحتی بالغ بر ۶۴۰ هکتار برای اسکان مهندسین، تکنسین‌ها و مقامات در نظر گرفته شده است. نمایی شماتیک از این مجموعه در شکل (۱۸) نشان داده شده است. منطقه مسکونی طراحی شده دارای آپارتمان‌های ۶، ۹ و ۱۲ طبقه مبله با طراحی مدرن بوده که ظرفیت اسکان حدود ۲۰۰۰۰ نفر را دارا می‌باشند. کل این منطقه به چهار قسمت تقسیم‌بندی می‌شود:

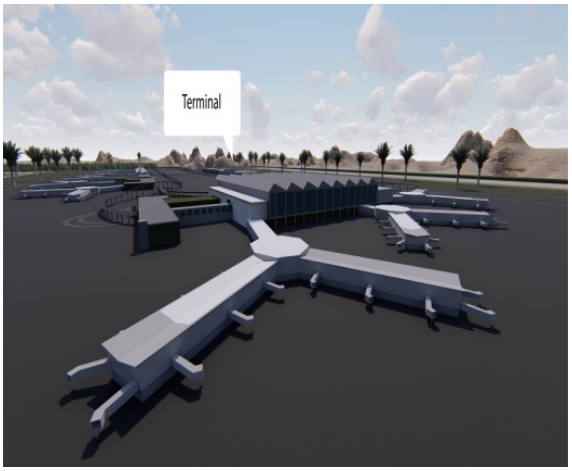
- ✓ محل اسکان موقت و اولیه برای اسکان کارکنان و تکنسین‌های جدید.
- ✓ شهرک علمی برای اسکان مهندسین و تکنسین‌های برنامه‌های فضایی.
- ✓ شهرک اداری برای مسئولین کارهای اداری و فرماندهی پایگاه.
- ✓ آپارتمان‌های شخصی برای مقامات کشوری و لشکری

علاوه بر ساختمان‌ها، این منطقه مسکونی شهرک‌مانند شامل پارک‌ها، مغازه‌ها، مدرسه، دانشگاه و ... می‌باشد [۱۱ و ۱۲].

نقشه کلی پایگاه پرتاب چابهار

نقشه کلی پایگاه پرتاب چابهار به صورت شکل (۱۸) و (۱۹) ارائه شده است.

شایان ذکر است که در این مقاله، سعی شده است تا بهترین انتخاب‌ها و جانمایی‌ها با توجه به پلان و تجهیزات پایگاه‌های پیشرفته اجرا گردند. مراجعه به تجهیزات این پایگاه‌های پرتاب، که در مراجع این مقاله به آن‌ها اشاره شده است، می‌تواند بهترین صحت‌سنجی برای پلان و تجهیزات ارائه شده برای پایگاه پرتاب چابهار باشد.

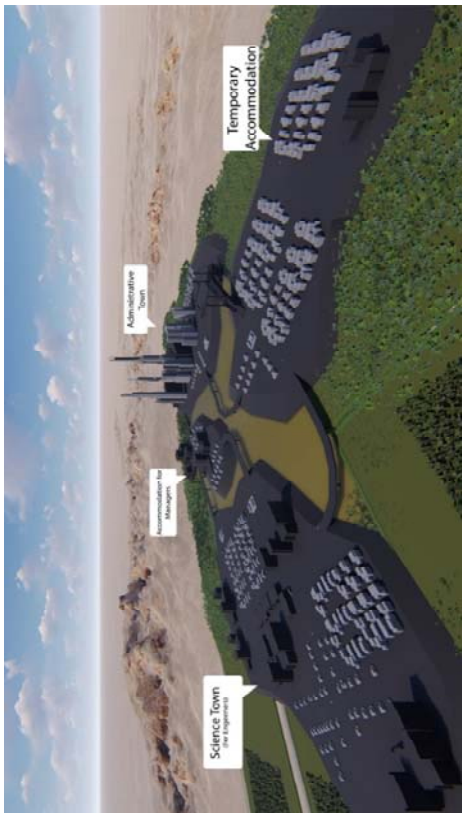


شکل ۱۷- فرودگاه اختصاصی در پایگاه پرتاب چابهار

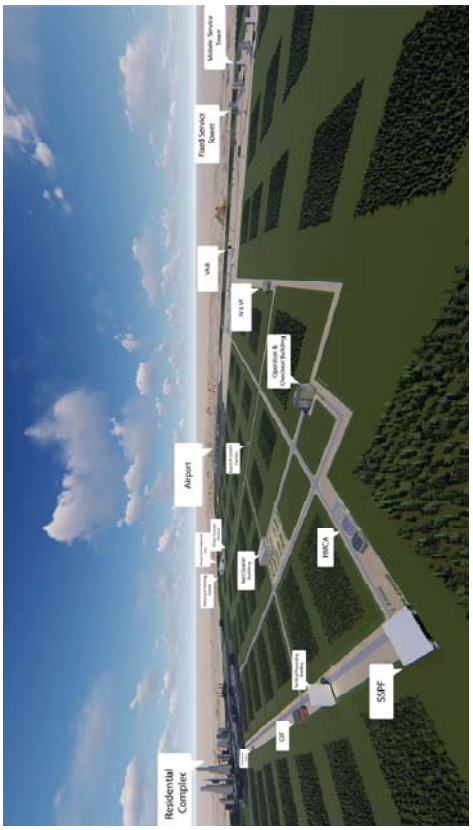
75. Launch Viewing Site / Launchpad View Site
76. Airport
77. Residential Area

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱۸- منطقه مسکونی در پایگاه پرتاب چابهار



شکل ۱۹- نقشه کلی پایگاه پرتاب چابهار

نتیجه‌گیری

در این مقاله، با استفاده از مطالعات صورت‌گرفته در زمینه زیرساخت‌های پایگاه‌های فضایی پیشرفته در سراسر جهان، یک طراحی مفهومی برای پایگاه پرتاب چابهار ارائه شد که ساخت آن می‌تواند گام بلندی در راستای تحقق اهداف و برنامه‌های فضایی جمهوری اسلامی ایران باشد. برای این منظور، ابتدا ویژگی‌های مکانی این پایگاه پرتاب به تفصیل بیان شد. سپس کلیه تجهیزات، ساختمان‌ها و مراکز مختلف این مرکز فضایی مورد بررسی قرار گرفت و پلان کلی مربوط به منطقه پروژه و همچنین پلان مربوط به هر کدام از بخش‌های این پایگاه پرتاب به صورت مجزا ترسیم شده و امکانات آن شرح داده شد.امید است با استفاده از مطالعات انجام شده و طراحی مفهومی صورت‌گرفته در این پروژه، طرح جامع اولیه از پایگاه فضایی چابهار که می‌تواند یکی از مهم‌ترین پروژه‌های کشور عزیزمان در جهت پیشرفت و توسعه صنعت فضایی باشد، در دسترس مهندسان و متخصصین کشور قرار گیرد.

مراجع

[1] Information and Communications Technology Ministry, Iran Space Agency, (2016) "History of Satellite industry in Iran and the world." Available, [on line]:: http://isa.ir (In Persian)
[2] Irna (2017)"Imam Khomeini Space Center'sopening with the test of Simorgh launcher" (In Persian)
[3] Available, [on line]: wikipedia: http://fa.wikipedia.org/wiki/Iran_Space_Agency (In Persian)
[4] Available, [on line]: wikipedia: http://fa.wikipedia.org /wiki/ Chabahar (In Persian)
[5] NASA (2017), Iran's Imam Khomeini Space Launch Center (IKSLC), available at: http://www.b14643.de/Spacerockets/Specials/Khomeini_Space_Center/index.html
[6] NASA (2017), Kennedy Space Center, available at: https://www.nasa.gov/centers/kennedy/home/index.html
[7] NASA (2019), Kennedy Space Center, available at: https://www.kennedyspacecenter.com/
[8] Wikipedia (n.d.), Kennedy Space Center, available at: https://en.wikipedia.org/wiki/Kennedy_Space_Center
[9] NASA (2019), Stennis Space Center, available at:https://www.nasa.gov/centers/stennis/home/index.html
[10] Taylor Redd, Nola (2018), Stennis Space Center: NASA's largest rocket testing site, available at:https://www.space.com/39498-stennis-space-center.html
[11] Zak, Anatoly (2017), Bainkonur Cosmodrome, available at: http://russianspaceweb.com/baikonur.html
[12] Zak, Anatoly (2017), Vostochny Cosmodrome, available at: http://russianspaceweb.com/vostochny.html
[13] Arianespace (2019), A one-of-a-kind launch base with unmatched flexilbility for hosting parallel missions with

www.SID.ir

Archive of SID

the Ariane 5, Soyuz and Vega vehicles, available at: http://www.arianespace.com/spaceport-facility/

[14] ESA (2017), Europe's Spaceport, available at: http://www.esa.int/Our_Activities/Space_Transportation/Europe_s_Spaceport/Europe_s_Spaceport2

[15] Future US Inc. (2019), Guiana Space Center: Europe's Spaceport, available at: https://www.space.com/33949-guiana-space-center.html

[16] Zak, Anatoly (2017), Kourou Launch Site, available at: http://www.russianspaceweb.com/kourou.html

www.SID.ir