

تحلیل CFD رفتار حرارتی زیستگاه پایدار مریخ با تأکید بر مدل سازی هندسی گنبدسازی ایرانیان

چکیده

در عصر حاضر بحران زیست محیطی و کمبود انرژی به چالش بزرگی برای معماران، سرمایه گذاران و کاربران صنعت ساختمان تبدیل شده است. یکی از الزامات طراحی معماری در جریان دستیابی به ساختمان بهینه از لحاظ مصرف انرژی، میزان دریافت و حفظ (عدم دریافت) دمای حاصل از تابش خورشید در راستای ایجاد آسایش حرارتی ساکنان و کاربران هست. از سوی دیگر با پیشرفت علم و تکنولوژی، تحقیقات و اکتشافات در حوزه های گوناگون تنها به زمین محدود نشده و مطالعات زیادی در مورد سفر، اسکان و تمدن فضایی انجام شده است. لذا مهندسان مکانیک به یاری معماران پیوسته اند و دیدگاه های خود را مشترکاً در مورد زندگی در فضا مطرح نموده اند. اساساً، معماری فضا تعمیمی از معماری زمین است و از آنجا که حدود ۴۰ درصد از مصرف انرژی در بخش ساختمان است، به کارگیری راه های گرمایش (و سرمایش) فعال و غیرفعال کمک قابل توجهی به کاهش مصرف انرژی می کند. از این رو در این پژوهش، سعی گردید تا ضمن شناسایی مؤلفه های مؤثر در ساختار کالبدی و محیطی طراحی زیستگاه پایدار در مریخ، با ایجاد پیکره بندی ملهم از گنبدسازی و مناسب با شرایط اقلیمی خاص مریخ، فاکتور تأمین آسایش حرارتی ساکنین زیستگاه را با ترکیب بهینه لایه های شیشه و متریال بتن مریخی مورد بررسی قرار دهیم. در این مطالعه از روش تحقیق «شبیه سازی و مدل سازی» استفاده شده و مواد و روش دستیابی به این هدف، استفاده از شبیه سازی کامپیوتری (نرم افزار فلوئنت) است. نتایج نشان می دهد که با افزایش سطح بتن مریخی و کاهش سطح شیشه، تشعشع وارد شده موقعیت کمتری جهت خروج از دامنه دارد و اتلاف انرژی کمتر شده است

اهداف پژوهش:

۱. شناسایی مؤلفه های مؤثر در ساختار کالبدی و محیطی طراحی زیستگاه پایدار در مریخ.
۲. الگوگیری از مدل سازی هندسی گنبدسازی ایرانیان در طراحی زیستگاه پایدار در مریخ.

سؤالات پژوهش:

۱. مؤلفه های مؤثر در ساختار کالبدی و محیطی طراحی زیستگاه پایدار در مریخ کدامند؟
۲. چگونه می توان از مدل سازی هندسی گنبدسازی ایرانیان در طراحی زیستگاه پایدار در مریخ الگو گرفت؟

کلیدواژه ها: مسکن، هویت، شخصی سازی، خود گسترده، خوانایی.

مقدمه

کره زمین تنها جهان شناخته شده‌ای است که پناهگاه حیات هست. در حال حاضر، هیچ جای دیگری وجود ندارد که آن را خانه بنامیم. در طول سال‌ها، انسان‌ها از چیزی ابتدایی به چیزی کم‌تر ابتدایی کامل می‌شود. این تکامل که بستر زندگی ما را شکل داده، انسان را مجاب می‌کند تا آینده را مدنظر قرار دهد. نیازها و خواست‌های ما با کسب اطلاعات بیشتر افزایش یافته و میزان اطلاعات ما - و تکنولوژی همراه با آن - منجر به فاجعه می‌گردد؛ تنها فرصت ما درخصوص بقای طولانی مدت با نگاه بر سیاره زمین در سطح درونی نیست، بلکه گسترش آن در سطح فضا هست. در کنار آسیب‌شناسی‌های مربوط به بحران‌های عصر حاضر شامل بحران انرژی، افزایش جمعیت انسان‌ها و کاهش ذخایر انرژی‌های تجدیدپذیر، می‌توان به فرصت‌های زمینه‌ساز ایجاد سکونتگاه‌های فرازمینی نیز اشاره نمود که برخی از این موارد بدین شرح است: میل به کنجکاو، تنوع‌طلبی و ایجاد هیجان در زندگی روزمره انسان‌ها تمرین شیوه‌ای جدید از زندگی و ارائه راهکارهای خلاقانه برای مقابله با چالش‌های موجود؛ داوطلبانی که روی مریخ فرود می‌آیند باید در خانه‌های کوچک زندگی کنند، آب موردنیازشان را خودشان پیدا کنند، اکسیژن لازم برای تنفس را خودشان تولید کنند و مواد غذایی موردنیازشان را نیز خودشان کشت کنند. هدف و اولویت اصلی در ایجاد سکونتگاه‌هایی فرازمینی - در حال حاضر، مریخ است.

اگرچه زمین از نظر ترکیب حجمی، اندازه و گرانش سطحی به «سیاره خواهرخوانده» خود «زهره» شباهت دارد، اما شباهت‌های مریخ به زمین در هنگام بررسی‌های دقیق علمی بیشتر قانع‌کننده می‌شود. روز مریخی از نظر مدت‌زمان بسیار نزدیک به روز زمین است. یک روز خورشیدی در مریخ ۲۴ ساعت و ۳۹ دقیقه و ۳۵.۲۴۴ ثانیه است. مریخ دارای مساحتی است که ۲۸.۴ درصد از سطح زمین است که فقط کمی کم‌تر از میزان خشکی زمین (که ۲۹.۲ درصد از سطح زمین است) است. شعاع مریخ نصف زمین و تنها یک‌دهم جرم آن است. این بدان معنی است که حجم آن کم‌تر ($\sim 15\%$) و چگالی متوسط کم‌تری نسبت به زمین دارد. مریخ دارای انحراف محوری ۲۵.۱۹ درجه و شبیه به ۲۳.۴۴ درجه زمین است. در نتیجه، مریخ فصل‌هایی بسیار شبیه به زمین دارد. مشاهدات اخیر توسط مدارگرد شناسایی مریخ ناسا، مریخ اکسپرس ESA و کاوشگر فونیکس ناسا وجود یخ آب در مریخ را تأیید می‌کند (Tithi, ۲۰۱۷) اما بایستی توجه داشت که هنگام فرستادن انسان به مریخ باید عوامل زیادی را در نظر گرفت. حتی اگر مریخ ظاهراً شبیه زمین هم باشد، اما این سیاره هزاران سال پیش کاملاً تغییر کرده و امروز یک سیاره متروک و بدون هیچ نشانه‌ای از حیات است (Kent, ۲۰۱۹). با این حال، آنچه باعث شد که مریخ به سیاره سرد و بیابانی، بدون هیچ نشانه‌ای از حیات تبدیل شود، یکی از اسرار اصلی ناسا است. از این رو میل به کاوش و دستیابی به ناشناخته‌ها، هم دولت‌ها و هم هر نهاد خصوصی نظیر اسپیس ایکس را به همراه آژانس‌های فضایی رسمی را که قادر به پرتاب موشک هستند را هیجان‌زده می‌نماید که به مریخ بروند. انسان امروزی در حال برنامه‌ریزی برای رفتن و یا حتی ماندن در آنجا است. لذا اکنون امکان رسیدن به مریخ هم‌زمان با سفر ماژلان در اقیانوس آرام وجود دارد (Chaplin, ۲۰۱۳). با این حال، وقتی به روند ساخت‌وساز سکونتگاه‌های انسانی در مریخ

تمرکز می‌کنیم، راه‌حل‌های ممکن به‌صورت محدودی دیده می‌شوند. گزینه پیشنهادی - ایجاد زیستگاه‌های مناسب است که می‌توان قبل و یا بعد از ورود اولین انسان به مریخ با استفاده از فناوری نوین و روبات‌های تخصصی ساخت که قطعاً هزینه بر بوده که در غیاب نظارت مستقیم انسان، ممکن است که با مشکلات متعددی همراه باشد.

ضمناً در این رویکرد، موضوع انتخاب مصالح مناسب نیز مطرح می‌شود که مصالح ساختمانی محلی (مریخی) مناسب چه خواهد بود؟ طبیعی است که انتقال همه مواد از زمین به مریخ نیز راه‌حل اقتصادی نخواهد بود و بر پایه مطالعات انجام‌یافته نتیجه گرفته می‌شود که استفاده از مصالح موجود در محل بهترین گزینه برای ساخت سکونتگاه خواهد بود. بنابراین اگرچه ساخت سکونت گاه و همچنین زندگی در مریخ از لحاظ فنی و اجرایی مشکلات عدیده‌ای دارد و اگرچه حل همه این مشکلات کار آسانی نیست، اما با کمک علم مدرن و فناوری‌های ساخت‌وساز جدید است که می‌توانیم آن‌ها را شناسایی و با تمرکز و توسعه آنها، مسیر مناسبی را در اقدامات اجرایی انتخاب کنیم. قبل از اینکه انسان بتواند در مریخ زندگی کند، چیزهای بیشتری از اقدامات فیزیکی وجود دارند که بایستی در نظر گرفته شوند. این مطالعه توضیح می‌دهد که چگونه طراحی زیستگاه‌های فضایی در مریخ بایستی مؤلفه‌های محیطی و کالبدی را قبل از سفر و قصد اقامت در مریخ در نظر بگیرد. از این‌رو با توجه به مطالعاتی در حوزه برشمرده‌شده، سعی می‌شود که در این نوشتار به این پرسش اصلی پژوهش پاسخ دهیم که چه مؤلفه‌های محیطی و کالبدی برای طراحی خانه و یا زیستگاه‌های پایدار انسانی در مریخ مؤثر هستند؟ و در ادامه با استفاده از مدل‌سازی CFD به تحلیل میزان آسایش حرارتی ساکنین زیستگاه در مدل پیشنهادی خواهیم پرداخت.

در نیم‌قرن اخیر، مطالعات و تحقیقات متنوعی توسط پژوهشگران در حوزه معماری فضایی صورت پذیرفته است. در ساده‌ترین تعریف، معماری فضایی نظریه طراحی و ساخت محیط‌های ساکن در فضا است. بسیاری از کارهای معماری فضایی در طراحی مفاهیم ایستگاه فضایی مدار و فضاپیماهای اکتشافی ماه و مریخ و پایگاه‌های سطحی برای سازمان‌های فضایی جهان، عمدتاً ناسا بوده است. در اروپا، دانشگاه بین‌المللی فضایی عمیقاً در تحقیقات معماری فضایی شرکت کرده است. کنفرانس بین‌المللی سیستم‌های محیطی هر ساله جلسات مختلفی را در مورد فضاپیمای فضایی بشر و عوامل انسانی فضایی برگزار می‌کند. در مؤسسه هواشناسی و فضاوردی آمریکا، کمیته فنی فضای معماری شکل گرفته است. با وجود الگوی تاریخی پروژه‌های بزرگ فضایی دولتی و طراحی مفهومی در سطح دانشگاه، ظهور گردشگری فضایی موجب تغییر چشم‌انداز کار معماری فضایی شده است. همان‌گونه که در جدول شماره ۱ نیز مشاهده می‌شود، مطالعات مرتبط با زیستگاه‌های فضایی را می‌توانیم در قالب دو بخش متمایز از یکدیگر طبقه‌بندی کنیم. در دسته اول که عمدتاً اختصاص به مقالات و مطالعات محققین و آینده‌پژوهان ناسا دارد، موضوعات متنوع مربوط به زیستگاه‌های فضایی مورد ارزیابی قرار گرفته شده است که طی آن محققان، مواردی را بررسی و نکات بسیار ارزنده‌ای بیان نموده‌اند. موضوعات متنوعی همچون چالش‌ها و مسائل فنی مربوط به ساخت سکونتگاه‌هایی فضایی، شیوه معماری پروژه‌های خاصی نظیر پروژه مارس دایرکت، طراحی هوافضا و

طراحی و ساخت آنالوگ زیستگاه‌های فضایی، چگونگی انطباق زیستگاه‌های فضایی جهت سازگاری بیشتر و محافظت از سلامت و ایمنی خدمه ساکن در این محل‌ها، متریال مهم کربن و امکان سنتز و استفاده از CNTها که به‌عنوان نانوتیوب‌های کربنی در تقویت سازه‌های فضایی مؤثر واقع می‌شوند از جمله موارد مهمی است که در مرکز بررسی‌ها بوده است. علاوه بر موارد فوق‌الذکر، برخی از پژوهش‌هایی که در آن‌ها شبیه‌سازی‌های نرم‌افزار فلونت و CFD که با مدل‌سازی‌های معماری آمیخته شده و نتایج به‌دست آمده در آن‌ها باهدف رسیدن به آسایش حرارتی انسان‌ها در محیط نیز مورد بررسی و تجزیه و تحلیل واقع شده است. در دسته دوم نیز گروهی از فعالیت‌های علمی در قالب رشته دانشگاهی تخصصی، تدوین کتاب، بولتن و رسالات دانشگاهی مرتبط با فرایند طراحی سکونتگاه‌های فضایی مورد بررسی قرار گرفته‌اند. لذا این مطالعات نیز هر کدام به‌نوعی به روشن شدن شرایط واقعی زیستگاه‌های فضایی فرازمینی کمک نموده که حاصل پژوهش‌های متعدد دانشمندان علوم فضایی است.

نتیجه‌گیری

تحقیقات زیادی در مورد سفر فضایی، اسکان فضایی و تمدن فضایی انجام شده است. آینده‌پژوهان، معماران و دانشمندان رشته‌های مختلف همگی دیدگاه‌های خود در مورد زندگی در فضا را با هم در میان گذاشته‌اند. معماری فضایی یک‌رشته نسبتاً جدید است که در آن این دیدگاه‌ها شامل ایده‌ها و تصوراتی درخصوص توضیح چگونگی زندگی و رفتار انسان‌ها در فضا می‌شوند. با این وجود، اطلاعات مربوط به شرایط و محدودیت‌های فضای خارجی همراه با استدلال‌های معماری ارزشمند در نظر گرفته می‌شوند. برخلاف مأموریت‌های فضایی اولیه، مفاهیم آتی طراحی فضاپیما اساساً مبتنی بر ملزومات ساختاری و مهندسی نخواهد بود. انسان‌ها در اقدامات کاوش و پروازهای فضایی طولانی‌مدت در آینده، دست به کارهای حیاتی در سیستم خواهند زد. در نتیجه نیازها و ملزومات انسانی بایستی در کل معماری مأموریت و طراحی فضاپیما نشان داده شود. فاکتورهای انسانی می‌بایستی در هر مرحله از فرایند طراحی – باملاحظه این امر که افراد چیزی فراتر از «عناصر و المان‌های» سیستم بوده و اصلاح‌کننده و مبدع آن هستند – در نظر گرفته شوند. هدف از این سکونتگاه اولین به اثبات رساندن این مطلب است که قابلیت زیست‌پذیری روی مریخ دارای محدودیت اساسی به‌خاطر ویژگی‌های منحصربه‌فرد مریخ از قبیل سطح گرانش پایین، نبود میدان مغناطیسی، سمی بودن خاک یا محیط تشعشع نمی‌باشد. این امر شامل فراهم‌آوردن کیفیت منطقی حیات با ریسک منطقی پایین برای خدمه و راه‌اندازی سیستم پایدار تأمین حیات مبتنی بر ساختار و مصالح مناسب می‌شود. در پاسخ به پرسش مطرح شده در مقدمه این پژوهش می‌توان گفت با فرض وجود زیرساخت‌های لازم برای زیست در مریخ، ساخت یک سکونتگاه دائمی با الهام از نمونه‌های پیشنهادی ارائه شده توسط آینده‌پژوهان و با بهره‌گیری از منابع موجود در سطح مریخ از جمله بتن مریخی و سنتز مصالحی مانند نانوتیوب‌های کربنی و گرافن جهت استحکام‌بخشی به سازه و با در نظر گرفتن الگوی بی‌نظیر ساختاری مشابه گنبد‌های ایرانی و بهره‌مندی از انرژی خورشیدی با کمک شبیه‌سازی شرایط پیچیده اقلیمی در محیط فلونت می‌توان با کاهش اتلاف انرژی به الگوی مناسبی جهت سکونتگاه‌های پایدار مریخی دست یافت.

منابع و مأخذ:

رهروی پوده، ساناز؛ ولی بیگ، نیما و رحیمی آریایی، افروز. (۱۳۹۹). «تحلیل جزئیات هندسی و اجرایی در گنبد‌های دوپوسته گسسته نارشاخص شهر اصفهان (نمونه‌های مطالعاتی: گنبد‌های مسجد جامع عباسی، آرامگاه درب امام، مدرسه چهارباغ، و کلیسای بیت‌الحم)، نشریه صغه، شماره ۷۳، صص: ۱۰۴-۸۶.

فیض‌اله بیگی، آرزو؛ گلابچی، محمود و رضازاده اردبیلی، مجتبی. (۱۳۹۸). «تحلیل هندسه نظری و عملی و تناسبات گنبد دوپوسته گسسته مسجد جامع عباسی اصفهان»، نشریه هنرهای زیبا - معماری و شهرسازی دوره ۲۴ شماره ۴ صص: ۳۵-۴۸.

هود، سیده دل‌افروز؛ محمودی زرنندی، مهناز و کامیابی، سعید. (۱۳۹۹). «دستیابی به اصول طراحی نماهای دوپوسته با تأکید بر ایجاد تهویه دودکشی در اقلیم گرم و مرطوب»، فصلنامه علمی - پژوهشی نقش جهان، دوره ۱۰، شماره ۲.

Bogdahn, C., Breaum, A., Breum, H., Larsen, H & Løvenskjold, M. (۲۰۱۹). In-situ Habitat Design on Mars. Humanistisk-teknologi gruppe-nr: v1924809075.

Delgado, D.J. (۲۰۲۱). Applications of Architecture for Future Martian Habitats. AIAA Southeastern Regional Student Conference. April ۵-۶.

Petrov G.. (۲۰۰۴). "A Permanent Settlement on Mars", Master of Architecture Thesis at the Massachusetts Institute of Technology, February ۲۰۰۴.

Kent, L. (۲۰۱۹). What we now know (and still don't) about life on Mars. CNN. Retrieved from <https://edition.cnn.com/۲۰۱۹/۱۲/۰۶/world/life-on-mars-evidencescn/index.html>.

Van Alebeek, S. C. M. (۲۰۱۴). *Interstellar habitat: an architectural design of a habitat traveling through deep space*. (Author). ۳۱ Dec ۲۰۱۴.

M. Cohen, M.. (۲۰۱۵). Astrotecture, Palo Alto, CA, USA ۹۴۳۰۶, "First Mars Habitat Architecture", AIAA SPACE ۲۰۱۵ Conference and Exposition, ۳۱ Aug-۲ Sep ۲۰۱۵.

M.Cohen, Marc, "Being a spacearchitect, Courtesy of NASA, ۲۰۱۴, pp ۷۸-۸۰.

Zubrin, R., and Wagner, R.. (۱۹۹۶). *The Case for Mars: The plan to settle the Red planet and why we must*. Free Press.

Ferl, R.; Wheeler, R, Levine, H & Paul, A. (۲۰۰۲). "Plants in space", Current Opinion in Plant Biology ۲۰۰۲, ۵:۲۵۸-۲۶۳, © ۲۰۰۲ Elsevier Science Ltd. All rights reserved."Published online ۲۱ March ۲۰۰۲"

Hauptk-Meusburger, S. & Bannova, O. (۲۰۱۶). "Space Architecture Education for Engineers and Architects Designing and Planning Beyond Earth".

Griffin, Brand N. (۲۰۱۸). "Step-by-step process for designing weightless space habitats", Space Architecture Technical Committee (SATC).

Alhilal, A.; Braud, T & Camille; Hui, P. (۲۰۱۹). "The Sky is NOT the Limit Anymore: Future Architecture of the Interplanetary Internet", IEEE Aerospace and Electronic Systems Magazine, v. ۳۴, (۸), article number ۸۷۹۹۰۶۱, p. ۲۲-۳۲.

Bamford, R.A. "How to create an artificial magnetosphere for Mars", ۰۹, ۰۲۳ Received ۱۲ July ۲۰۲۱; Received in revised form ۷ September ۲۰۲۱; Accepted ۱۴ September ۲۰۲۱.

- Kennedy, K. (2002). "Lessons from TransHab: An Architects Experience" AIAA Space Architecture Symposium, 10-11 October 2002, Houston, Texas, AIAA 2002-6100.
- Henze, S. (2002). "Module for Lunar Base Project, Command and Control Center", Sasakawa International Center for Space Architecture, University of Houston College of Architecture.
- Mackenzie, B. (1987). "Building Mars Habitats Using Local Materials" pg 270 in The Case for Mars III: Strategies for Exploration. Stoker, Carol ed., American Astronautical Society: Science & Technology Series, V.24.
- Neumerkel, R.W.E., Vecerdi, M., Meusburger, S.H. (2001). Design of an Autonomously Deployable Mars Habitat. 20th International Conference on Environmental Systems. 12-16 July.
- Praslova, V., Riabets, Y., Shchurova, V., Zinovieva, O., Harbar, M. (2002). Functional Organization of extraterrestrial underground base on Mars. International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering (IJITEE). Volume-9 Issue-0, March.
- Sabu Th., Yves Grohens, Y. B. P., 1st Edition 2009, *Industrial Applications of Nanomaterials*, Elsevier.
- International Organization for Standardization (ISO), 2002. *Nanotechnologies—Vocabulary—Part 2: Nano-objects*. ISO/TS 80004-2: 2002, Retrieved 8 January 2008.
- Tithi, K.N. (2007). Mars Habitation: Design for extreme condition. Ms Thesis. Miami University. <http://hdl.handle.net/2344.MIA/6146>
- Von Braun, W., The Mars Project. Bechtel Verlag, 1962.
- NASA. *Man-Systems Integration Standards*, NASA-STD-3001, Rev. B., 1, 1990.
- NASA. *Mars Reference Mission*. NASA Special publication 7107, 1992. Prairie View A&M University
- Özdemir, K. (2002). Building a home in mars. Future, technology and architecture. NO 40. PP 39-40. In Turkish.
- Williams, M. (2002). "Mars compared to Earth", Universe Today corporate website, available at : www.universetoday.com/22602/mars-compared-to-earth/ (accessed 11 February 2003).
- Williams, D. R. (2008). "Mars Fact Sheet", National Space Science Data Center. NASA, NASA corporate website, available at : <https://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/factsheet/marsfact.html> (accessed 10 January 2003).
- Cushing, G. E. (2002). "Candidate Cave Entrances on Mars." *Journal of Cave and Karst Studies*, 74:1, 33-47.
- Appelbaum, J., Flood, D.J. (1990). "Solar Radiation on Mars." *Solar Energy*, 45:1: 303-363
- Cushing, G.E. et al. (2007). "Them is Observes Possible Cave Skylights on Mars." *Geophysical Research Letters*, 34:1, 18.
- Alamoudi, M.A., Doheim, R., and Mohammed, M.F.M. (2002). Humanizing Being on Mars: A Martian Colony. *Civil Engineering and Architecture* 10(3A): 19-26, DOI: 10.13189/cea.2002.101303.
- Chaplin, Joyce E. (2003). *Round About the Earth: Circumnavigation from Magellan to Orbit*. (New York: Simon&Schuster (26).
- Vertika, Shukla & Kumar, N. (2002). *Environmental Concerns and Sustainable Development*, Volume 2: Biodiversity, Soil and Waste Management.
- Wan. Lin, Wendner. Roman, Cusatis. G. (2008). "A Novel Material for In Situ Construction on Mars: Experiments and Numerical Simulations", Department of Civil and Environmental

Engineering, McCormick School of Engineering and Applied Science, Evanston, Illinois 60208, USA.

Fana Jian, Yangb Chuan-Chang, Chena Elton J, Luo Han-Bin, " *Preliminary structural analysis of a conceptual design for a small-scale erectable lunar habitat* ", CCC 2018 Proceedings of the Creative Construction Conference. (2018). Edited by: Miroslaw J. Skibniewski & Miklos Hajdu
DOI 10.3311/CCC2018-026