

فرود مریخ نورد «کنجکاوی»

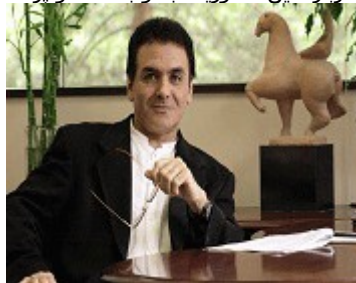
گفتگو با دکتر فیروز نادری در آستانه فرود مریخ نورد «کنجکاوی»

بامداد امروز یعنی دوشنبه ۱۶ مرداد ماه اگر همه چیز خوب پیش برود، گران قیمت‌ترین و پیشرفته‌ترین روبات تحقیقاتی ناسا، به نام آزمایشگاه علمی مریخ (MSL) که به نام کنجکاوی (Curiosity) نیز شناخته می‌شود، وارد مدار مریخ می‌شود تا مراحل مأموریت خود را آغاز کند.

فیروز نادری برای جامعه علمی و علاقمندان کاوش‌های فضایی چهره ناآشنایی نیست. او یکی از مدیران ارشد علمی در JPL ناسا است. JPL یکی از بخش‌های اصلی سازمان ملی هوا فضا ایالات متحده است که وظیفه اصلی‌اش طراحی، اجرا و مدیریت مأموریت‌های روباتیک فضایی است.

فیروز نادری در حال حاضر مدیریت بخش اکتشافات منظومه شمسی در JPL را بر عهده دارد. این بخش، بر تمام مأموریت‌های روباتیک منظومه شمسی به غیر از مریخ نظارت دارد. او در فاصله سال‌های ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۱ در سمت مدیر بخش طراحی راهبردی و فرمول بندی پروژه های این سازمان مشغول به کار بود. اکثر مردم ایران البته زمانی با او آشنا شدند که مسئولیت پیشین خود را بر عهده داشت. در فاصله سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۵ فیروز نادری به مدیریت برنامه مریخ رسید. برنامه ای که در همان زمان تاسیس شده بود تا پروژه های اکتشافی مریخ را به ویژه پس از چند شکست قبلی به شکلی متمرکز هدایت کند. جی پی ال پس از یک فصل شکست دو مریخ نورد به نام‌های اسپریت و اپورچینوتی را دو سوک مریخ روانه کرد تا در مأموریتی ۹۰ روزه نشانه‌هایی از آب در مریخ پیدا کنند. آن‌ها در مدت ۹۰ روز نشانه‌ها را کشف کردند اما تا چندین سال بعد به مأموریت خود ادامه دادند. در این دوره فیروز نادری و همکارانش برنامه کاوش‌های آتی مریخ را برنامه ریزی کردند. برنامه مریخ نورد کنجکاوی ۱۰ سال پیش و در زمان مدیریت او در این برنامه آغاز شد.

در آستانه فرود مریخ نورد کنجکاوی بر سطح مریخ درباره این مأموریت با او به گفتگو پرداخته ایم.



بالاخره مریخ نورد کنجکاوی ناسا قدم بر خاک سیاره سرخ گذاشت. مأموریتی که از آن به گران‌ترین و پیشرفته‌ترین کاوش روباتیک تاریخ اکتشافات مریخ یاد می‌شود و قرار است مراحل فرود بی نظیری را نیز تجربه کند. این برنامه حدود یک دهه پیش و زمانی که شما مسئولیت برنامه مریخ را بر عهده داشتید، آغاز شد. مأموریت مریخ نورد کنجکاوی (Curiosity) در کجای زنجیره مأموریت‌های کاوش مریخ قرار می‌گیرد و داستان این مریخ نورد چیست؟

*** این پروژه همان طور که شما گفتید سال ۲۰۰۲ میلادی، شروع شد. من تا سال ۲۰۰۵ مدیر پروژه مریخ بودم و بعد از آن آقای دکتر فوک لی (Fuk Li) که معاون من در برنامه مریخ بود، مسئولیت را بر عهده گرفت. استراتژی اصلی دهه قبل ما در زمینه کاوش مریخ این بود که به دنبال آب بگردیم. این هدف گیری به دلیل نقش کلیدی بود که آب در به وجود آوردن و حمایت از حیات ایفا می‌کند. سفینه‌هایی که در این مدت به مریخ فرستاده‌ایم، چه مدارگردها و چه سطح نشین ها و چه مریخ نورها، نشانه‌هایی پیدا کردند که ثابت می‌کرد در دوران قدیم در مریخ آب وجود داشته است و گاهی اوقات نیز این آب به طور وسیعی مانند یک دریاچه در سطح جمع می‌شده است. هرچند که نمی‌دانیم برای چه مدتی این اتفاق می‌افتاده است. بخشی از این کشف ما به واسطه پیدا کردن مواد معدنی خاصی بود که تنها در مجاورت با آب می‌توانستند شکل بگیرند. در هر صورت از وجود آب مطمئن شدیم.

شما برای اینکه زندگی، حداقل به شکلی که در زمین می‌شناسیم را در جای دیگری داشته باشید، حداقل به سه عامل نیاز دارید. اولین آن‌ها آب و مورد دوم، مواد معدنی آلی (ارگانیک) است. یعنی مواد مبتنی بر کربن که می‌توانند ساختارهای مولکولی بزرگ‌تر و پیشرفته تر را بسازند. به همین دلیل ما ابزارهایی را به همراه مریخ نورد کنجکاوی به مریخ فرستاده‌ایم که به دنبال این مواد ارگانیک

بگردد و بتواند نشانه های آن را پیدا کند. سومین عاملی که حیات احتمالی فعلی- و نه در گذشته - لازم دارد، نوعی انرژی شیمیایی است. اگر موجودی الآن وجود داشته باشد، باید بتواند به کمک این انرژی سوخت و ساز خود را انجام دهد. مأموریت اصلی کنجکاوی در این مرحله، جستجوی مواد ارگانیک است.

ما از حدود چهار، پنج سال پیش به کمک مدارگردهایی که در اطراف مریخ داریم به دنبال محل فرود مناسب این مریخ نورد بودیم. فهرستی شامل حدود یک صد نامزد مناسب برای محل فرود تهیه شد. ما بررسی این‌ها را شروع کردیم و در نهایت سال گذشته از بین آن‌ها محل نهایی فرود را انتخاب کردیم. محل نهایی دهانه ای به نام **دهانه گیل** هست. این دهانه به افتخار یک ستاره شناس آماتور استرالیایی قرن نوزدهم که نامش **والتر فردریک گیل** بود به این نام خوانده می‌شود. این دهانه حدود ۱۵۰ کیلومتر قطر دارد و حدس می‌زنیم حدود سه و نیم میلیارد سال پیش به وجود آمده باشد و به تدریج در طی میلیاردها سال بعدی، کم کم رسوباتی در آن جمع شده و آن را به شکل لایه لایه پر کرده است. به مرور زمانی بخش‌هایی از حواشی این ساختار رسوبی از بین رفته است و در نهایت در میان این دهانه کوهی به ارتفاع حدود پنج هزار و پانصد متر را شکل داده است که در مقایسه با ارتفاعات سیاره زمین کوه مرتفعی به شمار می‌رود. این کوه را به افتخار **رایرت پی. شارپ**، دانشمند سیاره شناس **کل تک**، به نام کوه شارپ نام گذاشته‌اند. ما کنجکاوی را درون این دهانه و در کوهپایه کوه شارپ فرود می‌آوریم. در طول دو سال این مریخ نورد دست به کوهنوردی در این کوه می‌زند و همین طور که از این کوه بالا می‌رود به دلیل ساختار رسوبی لایه لایه این کوه، می‌تواند به بررسی شرایط مریخ در دوران‌های تاریخی متفاوت بپردازد.

دلیل اینکه می‌توانیم در اینجا به خصوص فرود آییم، نحوه دقیق‌تر و پیشرفته تر فرود این مریخ نورد نسبت به نمونه های قبلی است. معمولاً زمانی که ما نقطه ای را برای فرود تعیین می‌کنیم دقیقاً نمی‌توانیم در همان نقطه فرود بیاییم. برای فرود یک بیضی به نام بیضی عدم قطعیت رسم می‌شود، ما قصدمان فرود در مرکز این بیضی است اما به دلیل شرایط فرود احتمال می‌دهیم که در هر جای دیگر آن نیز فرو آییم. در سال ۱۹۸۶ و در مأموریت **وایکینگ ها** این بیضی به قدری بزرگ بود که قرار بود آن بیضی فرود را بر روی محلی که کنجکاوی می‌خواهد فرود بیاید منطبق کنیم، حتی نمی‌توانستیم بگوییم که آیا قطعاً در این دهانه فرود می‌آییم یا نه؟ به تدریج به دلیل افزایش فناوری‌ها و بهبود شرایط فرود، این بیضی در مأموریت‌های بعدی از جمله در **رهاب** و **دوقلوهای مریخ نورد** و **قینوس**، کوچک‌تر شد. در مورد کنجکاوی، قطرهای بیضی عدم قطعیت ۷ کیلومتر در ۲۰ کیلومتر است. اگر همه بیضی‌های فرود قبلی‌ها را روی هم منطبق کنیم، می‌بینیم این مورد بسیار کوچک‌تر از قبلی‌ها است. بدین ترتیب ما می‌توانیم در کوهپایه این کوه فرود بیاییم.



نمایی از دهانه گیل و محل فرود مریخ نورد کنجکاوی

فرود کنجکاوی به وقت کالیفرنیا (پاسیفیک) ساعت ۲۲ و ۳۱ دقیقه و ۴۳ ثانیه روز یکشنبه شب ۵ آگوست ۲۰۱۲ خواهد بود که معادل ساعت ۱۰:۰۱ دقیقه صبح روز دوشنبه به وقت مرکزی ایران است. طبق معمول فضاپیما با سرعت بسیار زیاد وارد فضای مریخ می‌شود. این سرعت ۲۱ هزار کیلومتر بر ساعت است. البته وقتی می‌گوییم وارد فضای مریخ می‌شود، عملاً دروازه ای وجود ندارد که این ورود را مشخص کند. طبق تعاریف موجود، شعاعی از مرکز مریخ به بیرون را محدوده مریخ و مرز فضا می‌دانیم. این ارتفاع در حدود ۱۲۵ کیلومتری سطح استاندارد مریخ با فرض اینکه مریخ را کره متقارن و یک دست فرض کنیم تعیین شده است. جرم مریخ نورد در هنگام ورود به این مرز ۳۰۰۰ کیلوگرم است. می‌بینید که ۳۰۰۰ کیلوگرم و سرعت ۲۱ هزار کیلومتر در ساعت انرژی جنبشی عجیب و غریبی را به وجود می‌آورد. کار ما این است که این انرژی جنبشی را به آرامی کاهش دهیم تا محموله بتواند به راحتی روی مریخ بنشیند. این بزرگ‌ترین جرمی است که تا الآن وارد مریخ کرده‌ایم. جرم چیزی که در نهایت فرود می‌آید نزدیک ۱۰۰۰ کیلوگرم است. جرم هر یک از مریخ نوردهای دوقلو، کمتر از ۲۰۰ کیلوگرم بود و می‌بینید که جرم محموله نهایی در این مورد حدود ۵ برابر اسپریت و اپورچینوتی است.

برای فرود، مطابق معمول ابتدا از جو مریخ برای کاهش سرعت استفاده می‌کنیم. برعکس اسپریت و اپورچینوتی، در این مورد ما مرکز ثقل این سفینه ای که وارد می‌شود را کمی از محور تقارن سفینه خارج کرده‌ایم. روشش هم این است که حدود ۱۵۰ کیلوگرم وزنه به همراه سفینه ارسال کرده‌ایم و هفت، هشت دقیقه قبل از ورود به فضای مریخ این ۱۵۰ کیلوگرم را از سفینه جدا و به بیرون پرتاب می‌کنیم. بدین ترتیب مرکز ثقل این سفینه در هنگام ورود از محور تقارن خارج می‌شود. برای درک علت این کار هواپیماها را در نظر بگیرید. می‌دانید دلیل اینکه هواپیما می‌تواند پرواز کند پدیده ای است که در آیرودینامیک به آن لیفت می‌گویند. با این تغییری که ایجاد می‌کنیم به این فضاپیما لیفت می‌دهیم و بنابراین می‌تواند در سرعت‌های بالا به جای اینکه مستقیم فرود بیاید تا حد اندکی حالت پرواز به خود بگیرد.

۷ دقیقه یا اگر دقیق‌تر بگوییم، ۶ دقیقه و ۵۶ ثانیه طول می‌کشد تا این مریخ‌نورد مسیرش را از لحظه ورود به فضای مریخ تا فرود نهایی را طی کند. جایی که وارد می‌شود ۱۲۵ کیلومتر بالاتر از سطح مریخ است و این محل فرود نسبت به محلی که قرار است در آن فرود بیاید ۶۴۵ کیلومتر فاصله افقی دارد. ما در ابتدا خیلی با شیب تند وارد می‌شویم یعنی از ۱۲۵ کیلومتر حدود ۱۰۰ کیلومتر نخست را تنها در یک دقیقه و نیم اول (از این ۷ دقیقه) طی می‌کنیم. در این مدت خیلی سریع از جو عبور می‌کنیم و تقریباً به ارتفاع ۲۰ کیلومتری از سطح می‌رسیم. در این مرحله سرعت ما از ۲۱ هزار کیلومتر در ساعت به ۱۵ هزار کیلومتر در ساعت رسیده است و حدود ۵۰ درصد از انرژی جنبشی اولیه را از دست داده‌ایم. به دلیل این کیفیتی که این سفینه دارد و می‌تواند لیفت کند. سه دقیقه و نیم بعد را تقریباً موازی سطح مریخ پرواز می‌کنیم و با شیب بسیار ملایم به سمت پایین حرکت می‌کنیم. در حقیقت در یک دقیقه و نیم اول چیزی حدود ۱۰۰ کیلومتر را طی می‌کنیم و به ارتفاع ۲۰ کیلومتری سطح می‌رسیم و سه دقیقه و نیم بعد از آن به ارتفاع حدود ۱۱ کیلومتر از سطح خواهیم رسید. اگر نمودار این فرود را بکشید می‌بینید که شیب این نمودار در ابتدا بسیار بالا است و سپس تقریباً مسطح می‌شود. در این ۳ دقیقه و نیم ما می‌توانیم در اثر اصطکاک با جو مریخ کماکان سرعت را کم کنیم. در این مرحله سفینه، تقریباً شبیه هواپیمایی است که با زاویه کمی نسبت به افق حرکت می‌کند. ما در این مدت تقریباً موازی سطح پیش می‌رویم و سرعت را به یک دهم کاهش می‌دهیم (نسبت به آغاز سه دقیقه و نیم). یعنی از ۱۵ هزار کیلومتر در ساعت به ۱۵۰۰ کیلومتر در ساعت می‌رسیم. در این مرحله ما حدود ۳۶ هزار پا بالای سطح هستیم یعنی حدود ۱۱ کیلومتری از سطح فاصله داریم.



مراحل فرود مریخ نورد (بدون در نظر گرفتن شیب فرود)

برای اینکه مقیاسی در اختیار داشته باشید، در نظر بگیرید که هواپیمایی که مثلاً از نیویورک به لس‌آنجلس می‌رود، اغلب در ارتفاعی معادل ۳۶ تا ۳۸ هزار پا پرواز می‌کند و هواپیمای ۷۴۷ معمولاً سرعتی معادل ۷۵۰ تا ۸۰۰ کیلومتر در ساعت دارد. شما اگر این دو مقایسه را پیدا کنید می‌بینید تقریباً در همان ارتفاع هستید ولی سرعتتان دو برابر این هواپیماهای مسافری است و البته خوشبختانه موقعی که سوار هواپیما هستید، این هواپیما موازی سطح حرکت می‌کند اما مریخ‌نورد در حال کم کردن ارتفاع است. در این مرحله سرعت آن قدر کم شده است که بتوانیم چتر نجات را باز کنیم. قطر این چتر نجات حدود ۲۱ و نیم متر است که بزرگ‌ترین چتری است که تا کنون استفاده کرده‌ایم و با کمک این، سرعت را باز هم کاهش می‌دهیم.

بنابراین تا اینجا ۵ دقیقه از ۷ دقیقه رفته است و ۵ دقیقه دیگر مانده است. از این دو دقیقه یک دقیقه و ۴۵ ثانیه ما روی چتر نجات هستیم. سیر حرارتی که سفینه را محافظت کرده بود رها می‌کنیم و زمانی که به آخرین مایل باقی مانده ارتفاع می‌رسیم، بخشی از داخل این سفینه جدا می‌شود که به آن طبقه کاهش ارتفاع یا جرثقیل آسمانی می‌گوییم. این بخش در واقع خودش یک سفینه مستقل است که کنجاوی را در آغوش گرفته است و توسط ۸ جت معکوس کننده مرحله بعدی فرود و کاهش سرعت در یک مایل آخر را انجام

می‌دهد. در ابتدای این مرحله سرعت حدود ۱۹۰ کیلومتر در ساعت است که معادل ماشین‌های مسابقه است. با این سرعت از چتر نجات رها شده‌ایم و پایین می‌آییم. ارتفاع ما هم در حدود ۱ مایل است.



نمایی از عملکرد جرثقیل آسمانی هنگام فرود آوردن کنجکاوی

این موتورها سرعت را از ۱۹۰ کیلومتر بر ساعت به حدود ۲ کیلومتر بر ساعت به آهستگی کاهش می‌دهد. در این هنگام ما در ارتفاع یک ساختمان ۲۰ متری از سطح مریخ هستیم. اینجا معمولاً هر طبقه ساختمان‌ها ۳ متر تا سه و نیم است، بنابراین این ارتفاع معادل ارتفاع یک ساختمان ۶ طبقه از سطح مریخ است. در این ارتفاع کنجکاوی به کمک طناب‌هایی از بدنه این سفینه حمل‌کننده خود، جدا شده و به سمت پایین فرستاده می‌شود. این [جرثقیل آسمانی](#) در حقیقت در این مرحله مانند یک هلی‌کوپتر عمل می‌کند و مریخ‌نورد را با کمک ۳ طناب ۷ متری و ۱ طناب که جریان برق را منتقل می‌کند پایین می‌آورد. در این شرایط کنجکاوی چرخ‌هایش که پیش از این بسته بود، را باز می‌کند و سطح را لمس می‌کند و به محض اینکه معلوم می‌شود که زمین را لمس کرده است طناب‌ها بریده می‌شود و جرثقیل آسمانی به فاصله دورتری پرتاب می‌شود و در عملیات فرود کنجکاوی بر سطح مریخ به پایان می‌رسد.

تمام این مراحل که اشاره کردید، از ده‌ها مکانیسم مختلف تشکیل شده است. همه این مکانیسم‌ها باید به طور دقیق و از قبل برنامه‌ریزی شده و در حالی که امکان دخالت انسانی هم وجود ندارد، درست عمل کنند که مأموریت موفق انجام شود. در چنین لحظاتی اضطراب زیادی در اتاق فرمان وجود دارد. به خصوص که این چند روزه خبرهایی مبنی بر مشکل در سیستم تنظیم مسیر اودیسه مریخ مطرح شد که این احتمال را مطرح کرد که سیگنال‌های نباید‌کننده با تاخیر بیشتری به زمین برسد. شما خودتان در اتاق فرمان بوده‌اید حال و هوای آنجا چیست؟

******* ما در کل حدود ۷۷ سیستم دارای چاشنی خودکار در این سفینه داریم. برای مثال زمانی که می‌گوییم سیر حرارتی جدا می‌شود یا وزنه‌ها پرتاب می‌شوند و یا طناب‌ها بریده می‌شوند، برای هر کدام از این‌ها باید یک عملی انجام شود. مثلاً باید پیچ و مهره‌ای منفجر شود تا چیزی را از چیزی جدا کند یا چیزی مثل یک ساطور آزاد شود که طناب‌ها را قطع کند. هر کدام از این‌ها یک چاشنی اتوماتیک یا پایروتنیک لازم دارد که ۷۷ تا از این‌ها هست که لازم است به طور دقیق اتفاق بیفتد.

اما درباره شب فرود، ما آن شب در خود ۱۲۰۰ JPL میهمان خواهیم که داشت از جاهای مختلفی مثل کنگره آمریکا، هیئت رئیسه ناسا و غیره آنجا هستند. آنچه که شما از [تلویزیون](#) می‌بینید، اتاق فرمان گفته می‌شود. اما در واقع ما فرمانی نمی‌توانیم بدهیم چون ۱۴ دقیقه طول می‌کشد که سیگنال از زمین به مریخ برسد و کل مراحل فرود ۷ دقیقه بیشتر طول نمی‌کشد. بیشتر از اینکه ما کاری انجام دهیم داریم به داستان گوش می‌دهیم. در اتاق فرمانی که حتماً در تلویزیون می‌بینید، هر کسی در پشت کامپیوترهایی نشسته و مسئول یک بخشی است. بخش مخابرات، کنترل یا مثلاً بررسی حرارت. در ردیف آخر هم که حدود ده نفر می‌نشینند که عضو پروژه نیستند و در واقع شخصیت‌های مهمی که مشارکت داشته‌اند را شامل می‌شود. مثلاً رییس جی پی ال و رییس ناسا و معاون سابق من که الان مدیر برنامه مریخ است آنجا خواهند نشست. در آن اتاق حدود ۳۵ نفر از ۱۱۰۰ نفر حضور دارند. در اتاق‌های دیگر جی پی ال گروه‌های مختلفی خواهند بود که هر کدام یک میزبان دارند که کارهای فنی پروژه را توضیح می‌دهد. درست خارج از اتاق کنترل یک اتاق دیگری هست که پنجره‌هایش به اتاق کنترل باز می‌شود. آن شب من میزبان ۳۰ تا ۴۰ نفر از سران ناسا در آنجا خواهم بود.



درباره فرود، همان طور که شما گفتید ما توسط ۲ مدارگرد می‌توانیم سیگنال بگیریم یکی MRO است و دیگری اودیسه. MRO، در هنگام فرود دقیقاً بالای سر محل فرود خواهد بود و خیلی سیگنال‌های خوبی خواهد گرفت ولی متأسفانه به دلیل عملکرد MRO، این سیگنال‌ها تا حدود ۱۰ ساعت پس از کنجاوی به دست ما نمی‌رسد. چون MRO، سیگنال دریافت شده را در خود ذخیره می‌کند و پس از یک مدتی به زمین می‌فرستد اما اودیسه این‌گونه نیست و به طور همزمان داده ای که به آن منتقل می‌شود را به زمین می‌فرستد. زمانی که ما می‌نشینیم اودیسه زیر افق قرار دارد و به دلیل اشکالی که برایش پیش آمده، در حالت ایمن یا Safe Mode رفته است. اگر آن را درست کنیم **(توضیح : ناسا روز ۴ شنبه اعلام کرد موفق شد مشکل این مدارگرد را حل کند و بدین ترتیب اودیسه در**

هنگام فرود بالای افق مریخ نورد قرار خواهد داشت.) که بتوانیم موقعیتش در مدار طوری تعیین کنیم که قبلاً بود، در این صورت از حدود ۲ دقیقه پس از آغاز مراحل فرود می‌توانیم با اودیسه صحبت کنیم تا حدود ۴ یا ۵ دقیقه بعد از فرود. اما اگر نتوانیم، کلاً اودیسه را از دست خواهیم داد و اودیسه از ۲ یا ۴ دقیقه بعد از فرود از بالای سر سایت عبور می‌کند اگر این جوری شود تنها سیگنالی که داریم سیگنال‌های ضعیفی است که مستقیم از مریخ بدون رله می‌آید و توسط **این ۷۰ متری کانیرا** در استرالیا دریافت می‌شود. این اطلاعاتی را به ما می‌دهد. مثلاً ما همین طور که وارد می‌شویم سرعت به طور منظمی کم می‌شود. مثلاً از بررسی اثر دوپلر که در اتاق فرمان هم آن را مشاهده می‌کنید و می‌بینید که مثلاً کاهشش منظم است می‌فهمید که سقوط آزاد نداشته و کنترل شده پایین می‌آید. این سیگنال‌ها را از ابتدای فرود تا دو دقیقه قبل از تماس با سطح داریم بالاخره تکه تکه این اطلاعات را باید کنار هم بچینیم. آن شب تنها اطلاعات مستقیم و اطلاعات اودیسه را خواهیم داشت و اطلاعات MRO آن شب به دست ما نخواهد رسید. ۲ ساعت پس از فرود اودیسه بار دیگر از فراز سر آنجا می‌گذارد و اطلاعات دیگری را می‌فرستد.

ولی برخلاف اسپریت و آپورچینوتی که همان شب تعداد زیادی عکس منتشر شد در باره کنجاوی این‌گونه نیست و خیلی عکس‌های کمی منتشر خواهد شد که فقط شامل تصاویر دوربین‌های ناوبری جلو و عقب کنجاوی خواهد بود که احتمالاً از چرخ‌ها تهیه می‌کند و عکس‌های کم کیفیتی هستند. اما گردن یا دکل مریخ نورد که دوربین قوی روی سرش هست و موقعی که افرشته باشد در حدود ۲ متر از سطح فاصله دارد را تا روز دوم آماده نمی‌کنیم بنابراین آن عکس پانارمایی که بخواهد تهیه کند روز دوم و سوم خواهد بود.

دوفلوهای مریخ نورد اسپریت و آپورچینوتی با وجود اینکه وابسته به صفحات خورشیدی بودند اما مدت مأموریتشان به طور غیر منتظره ای تمدید شد. در این مورد با توجه به اینکه منبع تولید نیرو نیز، یک ژنراتور هسته ای است و وابسته به خورشید نیست

این احتمال که مدت مأموریت تمدید شود وجود دارد؟

***** ۱۰۰ درصد.** به این خاطر که همان‌طور که گفتید نیروی این توسط ژنراتور اتمی که حدود ۱۰۰ وات نیرو تولید می‌کند تولید می‌شود. می‌دانید که راکتورهای اتمی مقدار زیادی حرارت از خودشان پس می‌دهند ما این حرارت را به کمک مجاری مشخصی می‌بریم و به جای اینکه از گرم کن مجزایی برای گرم کردن دستگاه‌های الکترونیک به ویژه در زمستان استفاده کنیم، این حرارت حاصل از عملکرد ژنراتور را به جای اینکه از دست دهیم، در بدنه کنجاوی می‌چرخانیم تا آن را گرم نگاه داریم. دیگر مثل قبل هم احتیاج نداریم که وابسته به گردبادهای مریخی باشیم که صفحات خورشیدی را پاک می‌کرد و به آن هم احتیاج نداریم. احتمالاً تنها محدودیت این مریخ نورد به مسئله‌ای مکانیکی بر می‌گردد که مثلاً پس از ۵ سال ۶ سال یا بیشتر قطعه ای مکانیکی بشکند. اما از نظر نیرو مشکلی نخواهیم داشت و همان‌طور که گفتید پس از دو سال تمدیدش می‌کنیم.