

INGENUITY HELICOPTER - A NEW SPACE TECHNOLOGY

GOLOGAN Ioana-Elisa, IFTODE Ana-Lorena

Facultatea de Inginerie Aerospațială, Specializarea: Construcții Aerospațiale, Anul de studii: I, e-mail: gologan.elisa@yahoo.com

Conducător științific: Sl.dr.ing. **Marius DUMITRAS**

REZUMAT: Ingenuity is a small robotic helicopter and is part of NASA's Mars 2020 mission. It has been on Mars since February 18, 2021 and is destined to make the first motorized atmospheric flight on a planet beyond Earth. The main objective is to test the capabilities of such a device in the field of optical ground reconnaissance in this environment characterized by a very thin atmosphere that limits the lift and communication delays that prevent any direct control of the flight by a human operator. Because Ingenuity is classified as a technological demonstration and due to its small size, a lot of off-the-shelf consumer hardware was used for it. As a conclusion of the Ingenuity helicopter program, the Perseverance rover will begin to fulfill its ambitious scientific mission: searching for signs of ancient microbial life, characterizing the climate and geology of Mars, and collecting carefully selected evidence for future return to Earth.

CUVINTE CHEIE: elicopter, Marte, spațiu, tehnologie

1. Introducere

Ingenuity Helicopter – A new space technology, este un mic elicopter robotizat aflat pe Marte din 18 februarie 2021. Acesta este destinat să facă primul zbor atmosferic motorizat pe o planetă dincolo de Pământ și face parte din misiunea Mars 2020 NASA. [1]

Principalul său obiectiv este de a demonstra posibilitatea zborului unui elicopter pe Marte și furnizarea de date necesare pentru a ajuta la proiectarea unor elicoptere mai capabile în viitor. Unele dintre datele trimise de elicopter pot fi, de asemenea, utile în demonstrarea operațiunilor științifice de dovedire a conceptului sau pentru a sprijini investigațiile științifice auxiliare. [2]

2. Stadiul actual

La 19 aprilie 2021, elicopterul a efectuat primul zbor al unui aparat artificial în atmosfera planetei Marte. Ingenuity s-a ridicat la o înălțime de 3 m, unde a planat 30 de secunde. Apoi a urmat coborârea cu viteza de un metru/secundă. Acesta reprezintă primul zbor controlat, al unui dispozitiv pilotat la distanță, pe o altă planetă (în afara Pământului). [3]

3. Obiective

Primul obiectiv este demonstrarea faptului că este posibil un zbor motorizat într-o atmosferă cu o cantitate redusă de hidrogen. Atmosfera Marțiană este cu aproximativ 1% la fel de groasă ca cea a Pământului, ceea ce face foarte dificilă generarea portantei necesare zborului. De asemenea, un alt obiectiv, este demonstrarea posibilității zborului pe Marte. Testele de zbor de pe Marte vor informa echipa de ingineri de pe Pământ despre performanța reală, în adevăratul mediu de pe Marte, în comparație cu testele desfășurate pe Pământ. Inginerii vor rula elicopterul aproximativ 90 de secunde pentru fiecare zbor.

Utilizarea tehnologiei de zbor în miniatură în spațiu este un alt obiectiv. Pentru a se încadra în puterea utilă de pe suprafața rover-ului Perseverance (în care este atașat elicopterul Ingenuity), menținând în același timp capacitatea de a zbura în atmosfera subțire a lui Marte, Ingenuity a fost conceput pentru a fi cât mai ușor și compact posibil. Pe lângă faptul că trebuie să fie mici și ușoare, componentele

elicopterului au trebuit să fie testate la efort de ingineri, pentru a fi siguri că pot supraviețui temperaturilor reci și radiațiilor din spațiul adânc și de pe Marte. Calculatoarele sale de bord, bateriile, senzorii și încălzitoarele se încadrează într-un fuselaj de aproximativ dimensiunea unei cutii de țesut.

În plus, operarea autonomă a unui sistem aerian pe altă planetă sau lună este un alt scop dorit de acest program NASA. La fel ca roverul, elicopterul este prea departe de Pământ pentru a putea fi operat cu un joystick. Așadar, inginerii vor învăța să opereze vehiculul aerian de la multe milioane de kilometri distanță. Elicopterul este proiectat să zboare, să aterizeze, să comunice, să-și gestioneze energia și să se încălzească autonom. Algoritmii matematici inovatori vor permite zborul în atmosfera cu o densitate mică, vor urmări mișcările elicopterului și vor asigura că acesta rămâne pe traseul de zbor planificat. [4]

4. Structura

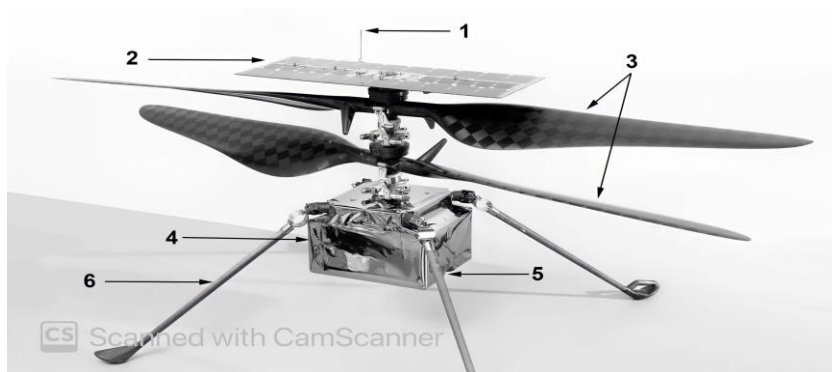


Fig.1. Schema elicopterului martian

1. Antena transmițătorului radio cu bandă UHF. Aceste antene radio fac conexiunea pe Pământ prin intermediul rover-ului Marte 2020 și al orbitelor Marte.

2. Celule solare, acestea furnizează energia care alimentează bateria.

3. Rotoare. Rotoarele elicopterului sunt concepute pentru a putea zbura în atmosfera lui Marte și sunt construite din fibră de carbon pentru a asigura portanța elicopterului.

4. Fuselaj. Fuselajul este un izolant termic și conține în principal bateriile, avionica și procesorul lui Ingenuity.

5. Camera color de înaltă rezoluție este pentru fotografierea locurilor survolate

6. Picioare flexibile ale trenului de aterizare mențin corpul aeronavei la 13 centimetri deasupra terenului plat și sunt realizate din tuburi compozite din fibră de carbon. [5]

5. Caracteristici tehnice

Deoarece atmosfera planetei Marte are o densitate echivalentă cu doar 1% din cea a atmosferei terestre, este mult mai greu pentru un aparat de zbor să se ridice, o dificultate doar parțial compensată gravitației mai mici de pe Marte (aproximativ o treime din cea a Pământului). Decolarea de pe suprafața lui Marte a fost descrisă ca echivalentă cu a zbura la 30.000 m deasupra Pământului, o altitudine care nu a fost niciodată atinsă de elicopterele existente.

Dimensiunile fuselajului elicopterului sunt de 13,6 x 19,5 centimetri, diametrul unei mingi de baschet. Împreună cu trenul de aterizare, rotoarele și panourile solare, Ingenuity are 49 de centimetri înălțime. Volumul foarte mic al fuselajului conține calculatoare, baterii, senzori (camere, altimetru) și sistemul de telecomunicații.

Elicopterul este construit în jurul unui tub vertical în care circulă legăturile electrice care leagă procesorul de rotoare, precum și de nava mamă (roverul Perseverance) în timpul tranzitului către Marte.

Pe acest tub sunt atașate de sus în jos: sistemul de fixare la rover, un panou solar, cele două rotoare, precum și servomotoarele care le pun în mișcare, partea centrală a trenului de aterizare și, în cele din urmă, fuselajul în formă pătrată.

Ingenuity are o pereche de rotoare coaxiale cu elice din fibră de carbon, lungi de 1,2 metri. Pentru a se ridica în atmosfera rarefiată, cele patru lamele trebuie să se rotească în direcții opuse cu aproximativ 2.400 rotații pe minut, adică de aproape zece ori mai repede decât ale unui elicopter de pasageri de pe Pământ. Elicopterul a fost conceput pentru a utiliza panouri solare pentru a-și reîncărca bateriile, care sunt șase celule de tip Sony litiu-ion cu o capacitate de 35-40 Wh.

Trenul de aterizare include patru picioare compozite din carbon, lungi de 38,4 centimetri atașate sub corpul lui Ingenuity la un unghi oblic față de verticală, care mențin corpul aeronavei la 13 centimetri deasupra terenului plat. Ingenuity are o masă de 1,8 kg pe Pământ, iar pe Marte, datorită diferenței de greutate dintre aceste două planete, greutatea este echivalentă cu o masă de 680 de grame. [6]

6. Structura software a avionului

Deoarece Ingenuity este clasificat ca fiind o demonstrație tehnologică, JPL este dispus să accepte mai multe riscuri. Principalele proiecte automate precum rover-urile și exploratorii spațiului profund sunt ceea ce se numește misiuni de clasă B, în care există mulți oameni care lucrează pe hardware și software robuste. Ingenuity fiind o demonstrație tehnologică, JPL este dispus să încerce noi moduri de a face lucrurile. Așadar, pentru Ingenuity s-au folosit o mulțime de off-the-shelf hardware de consum. [7]

Elicopterul folosește un procesor Snapdragon 801 cu un sistem de operare Linux. [8] Este în esență un procesor de clasă de telefonie mobilă, iar placa este foarte mică. Dar, în mod ironic, deoarece este o tehnologie relativ modernă, este mult mai puternică decât procesoarele care zboară pe roverul Perseverance. Buclele acestuia de ghidare rulează la 500 Hz pentru a menține controlul în atmosfera Marte în care zboară. Și, pe deasupra, este în stare să capete imagini și să analizeze caracteristici de urmărire de la cadru la cadru la 30 Hz și așa mai departe, este nevoie de o putere de calcul destul de serioasă pentru asta. [9] Câmpul magnetic inconsistent de pe Marte exclude utilizarea unei busole pentru navigație, așa că elicopterul folosește o cameră cu urmărire solară integrată în sistemul de navigație inerțială. Sistemul de comunicații este conceput pentru a transmite date la 250 kbit/s pe distanțe de până la 1.000 m. [10]

7. Materiale

Materialele elicopterului au fost folosite și de JPL pentru porțiunile structurale ale punții de aterizare pe Perseverance și pentru întreaga structură a elicopterului Ingenuity și pentru rotoarele acestuia. Potrivit NASA, rotoarele elicopterului sunt construite din fibră de carbon pentru a asigura portanța în atmosfera relativ subțire a lui Marte, iar picioarele elicopterului sunt realizate din tuburi compozite din fibră de carbon. [11]

8. Elicopterul Ingenuity finalizează prima călătorie ‘one-way’

Al cincilea zbor al elicopterului Ingenuity a fost surprins pe 7 mai 2021 de către una dintre camerele de navigație de la bordul rover-ului Perseverance al agenției NASA. Elicopterul a urcat la un nou record de înălțime de 33 de metri, a zburat 129 de metri către un nou loc de aterizare. Aceasta a fost prima dată când elicopterul a efectuat un zbor într-un singur sens. A fost transportat în aer în total 108 secunde.

Zborul a început la 15:26. EDT (12:26 p.m. PDT, 12:33 p.m. ora locală pe Marte) și a durat 108 secunde. Echipa de ingeniozitate a ales noul loc de aterizare pe baza informațiilor colectate în timpul zborului anterior - prima operațiune de „explorare aeriană” pe o altă lume - care le-a permis să genereze hărți digitale de înălțime care indică un teren aproape complet plat, cu aproape niciun obstacol.

Elicopterul Ingenuity de la NASA a finalizat cel de-al cincilea zbor pe planeta roșie cu prima călătorie într-un singur sens de la Wright Brothers Field la un aerodrom de 129 metri spre sud. După sosirea deasupra noului său aerodrom, Ingenuity a capturat imagini color de înaltă rezoluție ale noului său arondisment înainte de a ateriza.

După ce a aterizat cu succes la noul său aerodrom, Ingenuity va aștepta instrucțiuni viitoare, transmise prin roverul Perseverance, de la controlorii misiunii NASA. Al cincilea rover al misiunii către a Marte se îndreaptă, de asemenea, spre sud, către o regiune în care vor începe operațiunile științifice și de colectarea a probelor. Strategia pe termen scurt a echipei rover-ului nu necesită deplasări lungi care ar lăsa elicopterul mult în urmă, permițându-i lui Ingenuity să continue cu această demonstrație de operațiuni științifice. „Planul următor este de a realiza zborul elicopterului Ingenuity într-un mod care să nu reducă ritmul operațiunilor științifice realizate de roverul Perseverance”, a spus Balaram. „S-ar putea să mai realizăm câteva zboruri în următoarele săptămâni, iar apoi agenția va evalua cum ne descurcăm. Am reușit deja să adunăm toate datele privind performanța zborului pentru care am venit inițial aici. Acum, această nouă demonstrație de operațiuni ne oferă o oportunitate de a ne extinde în continuare cunoștințele despre mașinile zburătoare pe alte planete.”

„Al cincilea zbor al elicopterului Marte este o altă mare realizare pentru agenție”, a declarat Bob Pearce, administrator asociat la Direcția Misiunii de Cercetare Aeronautică a NASA. „Succesul continuu al ingeniozității dovedește valoarea reunirii punctelor forte ale diverselor seturi de abilități din întreaga agenție pentru a crea viitorul, cum ar fi să zboare un avion pe altă planetă!”

Zborul reprezintă tranziția rotorului către noua sa fază demonstrativă a operațiunilor. Această fază se va concentra pe a investiga ce fel de capacități poate oferi o aeronavă cu rotor care operează de pe Marte. Exemplele includ explorarea, observațiile aeriene ale zonelor care nu sunt accesibile de către un rover și imagistica stereo detaliată de la altitudinile atmosferice. Aceste operațiuni și lecțiile învățate de la acestea ar putea beneficia în mod semnificativ explorarea aeriană viitoare pe Marte și alte planete.

„Ne-am încredințat prima noastră casă marțiană, Wright Brothers Field, cu mulțumiri recunoscătoare pentru sprijinul acordat primelor zboruri istorice ale unei aparat de zbor planetar”, a declarat Bob Balaram, inginer șef care a lucrat la elicopterul Ingenuity. Cei de la JPL afirmă că „Indiferent de unde pornim, de aici vom purta întotdeauna cu noi un memento despre cât de mult au însemnat pentru noi toți cei doi constructori de biciclete de la Dayton în timpul urmării primului zbor pe altă planetă”.

Frații Wright au continuat să demonstreze că zborul controlat și motorizat era posibil la încercarea de a înțelege mai bine cum ar putea fi utilizată noua tehnologie. Într-un mod similar, NASA încearcă să afle mai multe cu Ingenuity cu ajutorul căruia, operațiunile cu elicopterele din generația următoare ar putea beneficia explorarea viitoare a Planetei Roșii. Această nouă fază va aduce un plus de risc pentru elicopterul Ingenuity care va trebui să realizeze mai multe zboruri într-un singur sens și să folosească manevre mai precise. [12]

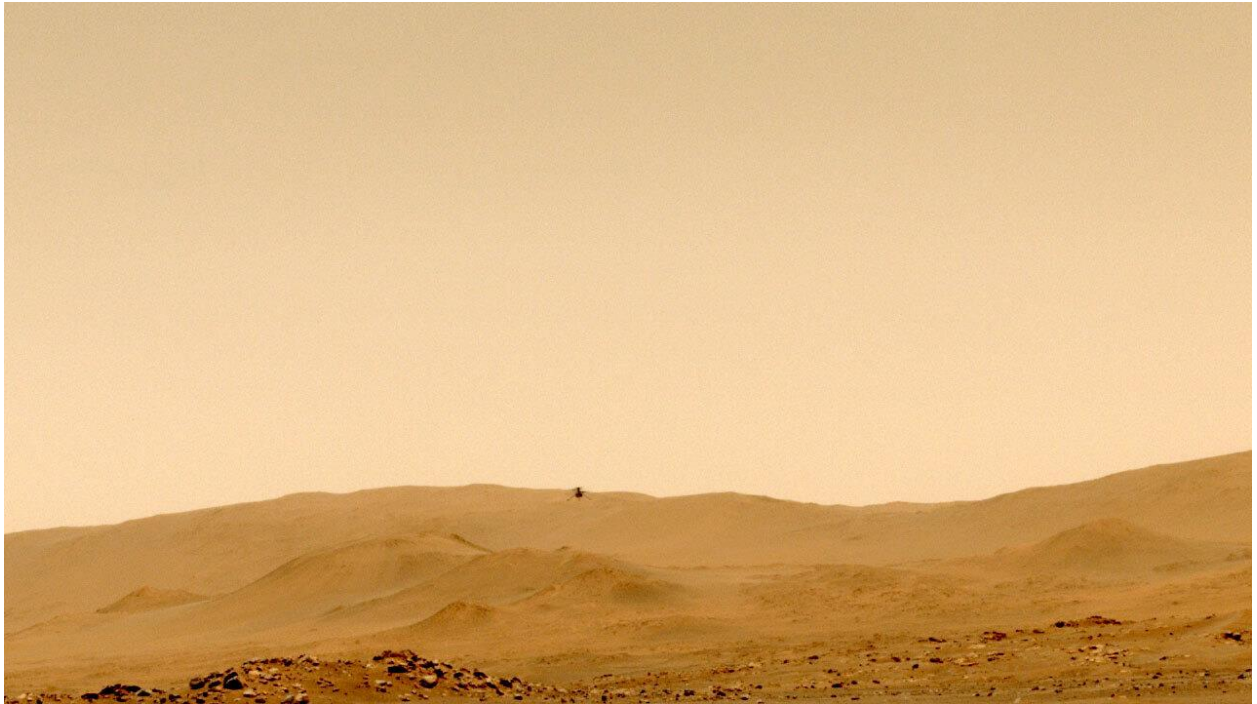


Fig.2 Al cincilea zbor de succes al elicopterului Ingenuity

9.Marte - date generale

Dimensiunea planetei Marte este aproximativ jumătate din diametrul Pământului, dar de două ori diametrul Lunii, satelitul Pământului. Fiind ca o planetă deșert, Marte are aproximativ aceeași suprafață ca suprafața uscată a Pământului. Masa acesteia reprezintă aproximativ 10% din Pământ, iar gravitația este cu aproximativ 38% la fel de puternică ca cea de pe Pământ. Orbita lui Marte este una eliptică și de aproximativ 1,5 ori mai departe de Soare decât este Pământul (aproximativ 141,5 milioane de mile sau 227,7 milioane de kilometri de Soare, în medie). Un an de pe Marte (o revoluție în jurul Soarelui) durează 687 de zile pământene. O zi pe Marte, sau sol (o rotație), are 24 de ore, 39 de minute, 35 de secunde. Densitatea planetei reprezintă aproximativ 1% din densitatea atmosferei Pământului la suprafață. Clima de pe Marte este afectată și de excentricitatea relativ mare a orbitei sale. Marte este aproape de periheliu când este vară în emisfera sudică și iarnă în emisfera nordică și aproape de afeliu când este iarnă în emisfera sudică și vară în nord. Ca urmare, anotimpurile din emisfera sudică sunt mai extreme, iar anotimpurile din nord sunt mai blânde. Temperatura atmosferică este în medie -64 de grade Fahrenheit (-53 de grade Celsius) și poate varia până la -199 de grade Fahrenheit (-128 grade Celsius) în timpul nopții polare. [13]

10. Telecomunicații: Cum comunica Ingenuity cu Pământul

Comunicațiile dintre cei care controlează misiunea la NASA, înapoi la compania JPL din California de Sud și apoi la elicopterul Ingenuity sunt retransmise printr-un șir de active. Antenele rețelei spațiale ale NASA trimit comenzi și alte date de pe Pământ direct către roverul Perseverance sau către orbitalii de pe Marte care apoi transmit aceste transmisii către rover. Calculatorul principal al roverului

transmite comenzile și datele către stația de bază, iar apoi le transmite elicopterului. În schimb, stația de bază colectează transmisii din elicopter, le stochează și le direcționează datele prin computerul principal al rover-ului pe o cale similar, iar apoi le trimite înapoi la orbitali sau ocazional, direct înapoi pe Pământ.

Ingenuity și stația de bază utilizează o legătură UHF de telecomunicații (900 MHz) pentru a comunica. Iar sistemul poate retransmite date de până la 250 kilobyte pe secundă pe distanțe de până la 3.300 picioare (1.000 metri). În timpul zborurilor, un flux de date cu sens unic va fi trimis în timp real de la elicopter la rover pentru stocare și retransmiterea ulterioară pe Pământ. După aterizare, elicopterul va retransmite fluxul de date de zbor și date suplimentare din zbor. [13]

11. Concluzii

Ingenuity, situat la 100 de metri de centrul roverului Perseverance, îl va ajuta pe acesta în a avea o vedere liberă a terenului, fie la suprafață, fie în zbor. Roverul va acționa ca un releu de comunicare între elicopterul Ingenuity și cei care controlează misiunea de pe Pământ. Se așteaptă ca cele două mașinării să furnizeze informații meteorologice (inclusiv date despre praful în aer), în timp ce camerele lor de navigație vor colecta imagini statice. Cele două microfoane ale roverului vor încerca să capteze sunetele operațiilor de zbor făcute de către Ingenuity.

Ca o concluzie a programului de testare a zborului cu elicopterului Ingenuity, roverul Perseverance va începe să își îndeplinească ambițioasa misiune științifică: căutarea semnelor vieții microbiene antice, caracterizarea climatului și geologiei planetei Marte și colectarea probelor atent selectate pentru întoarcerea viitoare pe Pământ. [14]

12. Bibliografie

- [1]. , [3]. , [5]., [6]., [8]., [10]. https://ro.wikipedia.org/wiki/Mars_Helicopter_Ingenuity
- [2]. <https://www.hou.usra.edu/meetings/lpsc2020/pdf/2096.pdf>
- [4]. https://www.jpl.nasa.gov/news/press_kits/mars_2020/download/ingenuity_landing_press_kit
- [7]. <https://spectrum.ieee.org/automaton/aerospace/robotic-exploration/nasa-designed-perseverance-helicopter-rover-fly-autonomously-mars>
- [9]. <https://spectrum.ieee.org/automaton/aerospace/robotic-exploration/nasa-designed-perseverance-helicopter-rover-fly-autonomously-mars>
- [11]. <https://www.compositesworld.com/articles/composites-launch-to-mars->
- [12]. <https://mars.nasa.gov/news/8942/nasas-ingenuity-mars-helicopter-completes-first-one-way-trip/>
- [13]. https://www.jpl.nasa.gov/news/press_kits/mars_2020/download/ingenuity_landing_press_kit.pdf?fbclid=IwAR2KvgKIUitco_ftP4A40tB-EIWkXHKEzGxbJdfYCgr1cfo6XIjwqsEjBV8
- [14]. https://www.jpl.nasa.gov/news/press_kits/mars_2020/ingenuity/landing/mission/