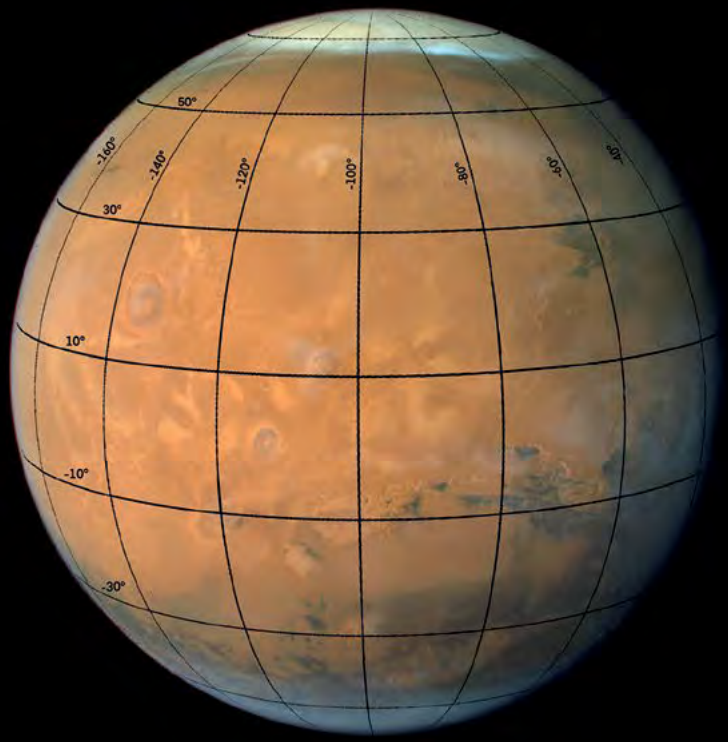
CENTER FOR
SPACE SCIENCE
NYUAD

أطلس كوكب المريخ

أطلس مصوّر يوثّق اكتشافات مشروع الإمارات لاستكشاف المريخ - مسبار "الأمل"



ديميترا آتري، أحمد الحنطوبي، كاترينا فيالوفا، شمشير بال سينغ، داتاراج دوري، نور عبد المنعم

مركز علوم الفضاء – جامعة نيويورك أبوظبي

جامعة نيويورك أبوظبي، ص.ب. 129188، ابوظبي، الإمارات العربية المتحدة
atri@nyu.edu

جدول المحتويات

01
3 | المقدمة

02
7 | مشروع الإمارات لاستكشاف المريخ

03
15 | نظام صور كوكب المريخ

04
23 | الخرائط المعنونة

05
43 | الفوهات الصدمية

06
63 | المقاطع

07
85 | جهازي مقياس الأشعة الطيفية تحت الحمراء وفوق البنفسجية (EMIRS و EMUS)

08
95 | تشكيل الخرائط

المقدمة

ثمة أوجه تشابه بين كوكبنا الأرض وكوكب المريخ الذي كانت المحيطات تغطي قسماً منه فيما سبق، فهل نشأت الحياة على ذلك الكوكب قبل حوالي 4 مليارات سنة كما نشأت على الأرض؟ وكيف تحول كوكب المريخ الرحب إلى ما نراه اليوم، فأصبح كوكباً بارداً خالياً من الحياة والرطوبة بكل أشكالها. تمثّل هذه الأسئلة حول الكوكب الأحمر أهم تحديات علم الكواكب في يومنا هذا، مما يضع استكشاف كوكب المريخ على رأس قائمة أولويات وكالات الفضاء حول العالم. وعلى مدى خمسين عاماً مضت، سخّرت مختلف الدول مواردها لإرسال العديد من الأقمار والآليات على سطح المريخ أو في مداره، وقد كان للبيانات التي بثّتها هذه المهمات دور كبير في تمكين العلماء من الكشف عن العديد من الحقائق حول هذا الكوكب ورسم صورة عن تاريخه، وقد بادرت دولة الإمارات العربية المتحدة بالمساهمة في فك ألغاز الكوكب الأحمر.

وفي هذه الاثناء، يواصل مشروع دولة الإمارات العربية المتحدة إلى كوكب المريخ عمله ولا يزال مسبار "الأمل" في مداره الذي يمكّنه من التقاط صور للكوكب. ومنذ تكليف قيادة الدولة فريق العمل بهذا المشروع في 2014، دأب فريق العمل على إنجازها في وقت قياسي تكلل بإطلاق المركبة الفضائية من منصة الإطلاق في اليابان بتاريخ 20 يوليو 2020 وتوجيهها إلى المريخ حيث وصلت بعد رحلة استغرقت سبعة أشهر، انتهت بتثبيت القمر الصناعي في مداره العلمي يوم 9 فبراير 2021 حيث سيستمر بالعمل على مدى سنة مريخية كاملة وهي فترة تعادل سنتين أرضيتين.

يعتمد هذا الأطلس على الصور والبيانات التي بثها مسبار "الأمل" من مداره حول المريخ حصرياً، فيوفر للقراء نظرة عامة حول الكوكب ، ومن المتوقع أن البيانات ستستمر بالتدفق من المسبار مما سيمكننا من تحديث الأطلس بين الحين والآخر. نهدف إلى توضيح التغيّرات التي تطرأ على الكوكب على مدى ساعات اليوم المريخي بل وتغيّر المواسم في بيئة المريخ. نأمل أن يشكّل هذا الأطلس نقطة انطلاق لاستكشافكم لهذا الكوكب لما يحتويه من صور لم تنشر سابقاً.

ومنذ تكليف قيادة الدولة فريق العمل بهذه المهمة في 2014، دأب فريق العمل على إنجازها في وقت قياسي تكلل

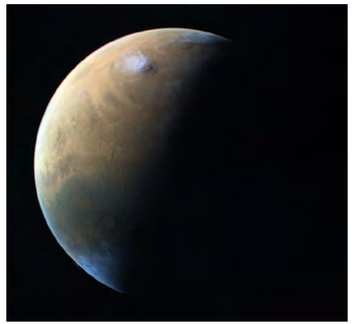
بإطلاق المركبة الفضائية من منصة الإطلاق في اليابان بتاريخ 20 يوليو 2020

صور مختارة لكوكب المريخ

يونيو – أغسطس 2021

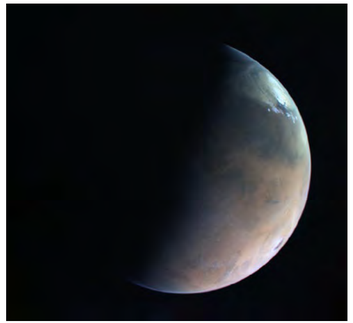
13 يونيو 2021

20 يونيو 2021

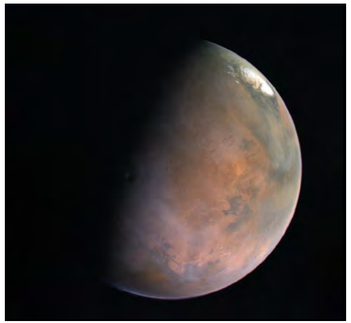


27 يونيو 2021

19 يوليو 2021



23 أغسطس 2021



30 أغسطس 2021

02

مشروع الإمارات لاستكشاف

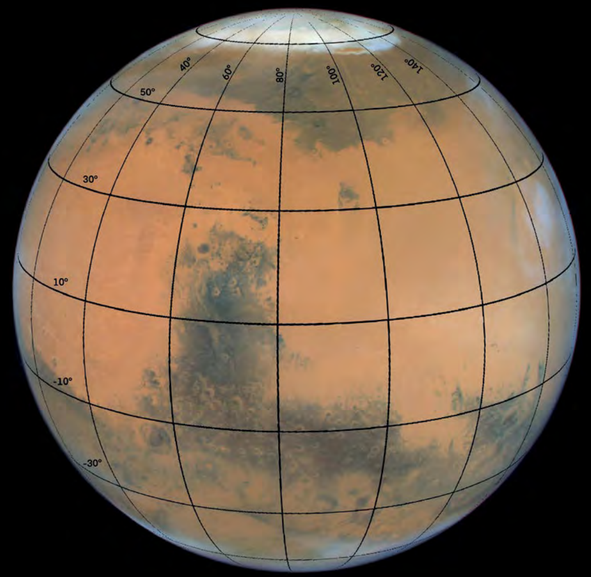
المريخ

مهمة الإمارات لاستكشاف المريخ-EMM

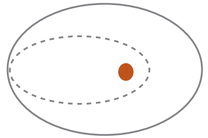
إنطلق مشروع الإمارات لاستكشاف المريخ يوم 20 يوليو 2020 بتوقيت 14:58:01 (توقيت الخليج الموحد) من منصة الإطلاق في مركز تاناغاشيما للفضاء في اليابان، حيث حمل الصاروخ مسبار "الأمل"، فشكّلت بذلك أولى مهمات دولة الإمارات العربية المتحدة إلى المريخ، وأولى مهمة إلى كوكب خارج الأرض على مستوى العالم العربي.

دخلت المهمة مدار الالتقاف حول كوكب المريخ يوم 9 فبراير 2021، وهو مدار منخفض الارتفاع يتراوح من 1072 كم (كيلومتر) في أدنى ارتفاع إلى 42450 في أقصاه، مع ميلان 19.5 درجة ودورة تتكون من 34 ساعة. وخلال دوران المسبار في مدار الالتفاف، نفّذ فريق العمل عدداً من الاختبارات والتجهيزات للمرحلة التالية.

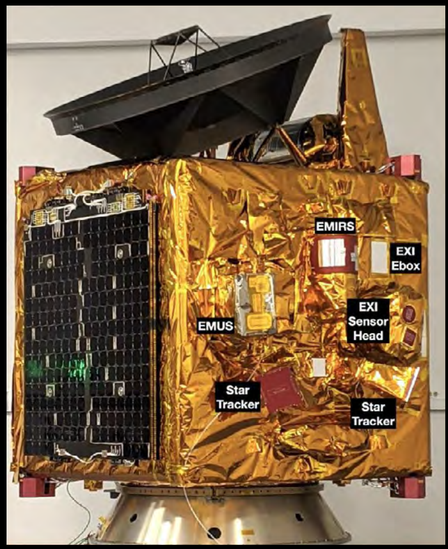
انتقل المسبار إلى المدار العلمي في 29 مارس 2021 وهو مدار عالي الارتفاع يتراوح من 19970 إلى 42650 كم مع ميلان 25 درجة في دورة تبلغ مدتها 54.5 ساعة. يسمح هذا المدار برصد كمية غير مسبوقة من الظواهر وجمع كم هائل من المعلومات حول الظروف المحلية والمناخ على مر الأيام وجمع البيانات حول تتالي المواسم على سطح المريخ بأكمله.



مدار الالتقاف
من 1072 إلى 42450 كم
ميلان 19.5 درجة
حوالي 34 ساعة للدورة الكاملة



المدار العلمي
من 19970 إلى 42650 كم
ميلان 25 درجة
حوالي 55 ساعة للدورة الكاملة



صورة توضح الأجهزة العلمية
(بعدسة جونز وفريقه 2021)

يوفر مركز البيانات العلمية لمشروع الإمارات لاستكشاف المريخ كل البيانات العلمية التي يرصدها المسبار.

نشرت البيانات للفترة من فبراير إلى مايو 2021 بتاريخ 8 أكتوبر 2021.

مشروع الإمارات لاستكشاف المريخ: المعدات العلمية

يضمن مدار المسبار مروره فوق الكوكب بما يسمح بالتقاط تشكيلة من الصور التي تغطي مجتمعة كل المناطق في كل أوقات اليوم المريخي، في دورة تتكون من حوالي تسعة أو عشرة أيام. يتمكن المسبار بذلك من رصد الظروف بشكل شامل لتحليلها ودراستها للوصول إلى عدد من الأهداف:

I. تحديد خصائص طبقات الجو الدنيا لكوكب المريخ بشكل عام والمتغيرات الجغرافية واليومية والموسمية.
II. تحديد العلاقة بين التسرب الحراري والكيماوي-الضوئي لكوكب المريخ من جهة، والظروف الجوية للغلاف الجوي ما دون الخارجي من جهة أخرى.
III . تحديد طبيعة وحجم مكونات الغلاف الجوي الخارجي وحدود المتغيرات لهذه المكونات.

يتضمن المسبار ثلاثة أجهزة علمية مصممة لتحقيق الأهداف أعلاه، وهي منظومة التصوير (EXI) وجهاز مسح الطيف الحراري للأشعة دون الحمراء (EMIRS) وجهاز مسح الطيف الحراري للأشعة فوق البنفسجية (EMUS).

يوفر مركز البيانات العلمية لمشروع الإمارات لاستكشاف المريخ كل البيانات العلمية التي يرصدها المسبار، فقد نشرت البيانات للفترة من فبراير إلى مايو 2021 بتاريخ 8 أكتوبر 2021، وقد بدأت سلسلة الأرصاد العلمية في 23 مايو 2021 وينوي المركز مواصلة إطلاق مجموعة جديدة من البيانات كل ثلاثة أشهر.

كاميرا الاستكشاف (EXI)

تتكوّن منظومة التصوير المركبة على متن مسبار الأمل من جهاز تصوير دقيق مقاوم للاشعاعات المختلفة يتضمّن جهازي مقياس طيفي، أحدهما للأشعة الضوئية فوق البنفسجية والآخر للأشعة المرئية. يسمح مقياس الأشعة فوق البنفسجية بقياس مستويات الأوزون والغيوم الثلجية في الغلاف الجوي العلوي بينما يسمح مقياس الأشعة المرئية بالتقاط صور ملونة فائقة الدقة (12 ميغا بيكسل) لسطح الكوكب. وقد صممت المنظومة بما يضمن اتساع مجال التصوير لالتقاط صورة لكوكب المريخ بأكمله من من أقصى نقطة ارتفاع في المدار العلمي.

لمنظومة عدسات منظومة التصوير قناتين مستقلتين لرصد الأشعة فوق البنفسجية بنوعيها "ج" (ذات نطاق التردد 245-275 نم (نانومتر)) و "أ" (ذات نطاق التردد 305-335 نم) ، بينما يركز منظار الأشعة المرئية على ترددات الضوء الأحمر (نطاق التردد 625-645 نم) والأخضر (نطاق التردد 506-586 نم) والأزرق (نطاق التردد 405-469 نم). تتمتع صور منظومة التصوير بدقة تتراوح من 1 إلى 2 كم للبيكسل لدى التقاط صورة الكوكب بأكمله، حسب ارتفاع المسبار في مداره مما يسمح بتسجيل مجموعة صور نهارية وليلية لسطح الكوكب بأكمله خلال حوالي عشرة أيام.

ستسمح الصور والبيانات بتنفيذ تحاليل ودراسات للغيوم والأوزون والعواصف الترابية على سطح المريخ، كما سيساهم قياس المنظومة لمستوى انعكاس ضوء الشمس من سطح الكوكب وغيره من البيانات العلمية بتكوين صورة أوضح للتوازن الحراري لطبقات الجو السفلى للكوكب.

ستسمح الصور والبيانات بتنفيذ تحاليل ودراسات للغيوم والأوزون والعواصف الترابية على سطح المريخ، كما سيساهم قياس المنظومة لمستوى انعكاس ضوء الشمس من سطح الكوكب وغيره من البيانات العلمية بتكوين صورة أوضح للتوازن الحراري لطبقات الجو السفلى للكوكب.

كاميرا الاستكشاف
https://www.emiratesmarsmission.ae/hope-probe/instruments/

03

نظام صور كوكب

المريخ

أول صورة لكوكب المريخ

10 فبراير 2021

صور التقطتها كاميرا الاستكشاف بالمرشح الأحمر والأخضر والأزرق

المرشح الأزرق
437 نم

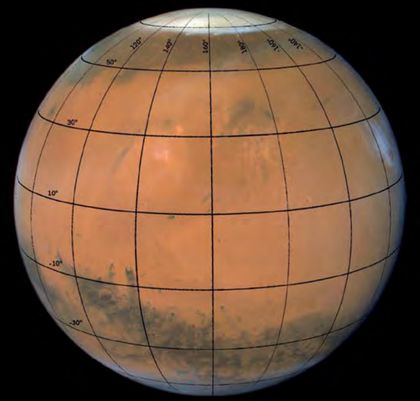
المرشح الأخضر
546 نم

المرشح الأحمر
635 نم

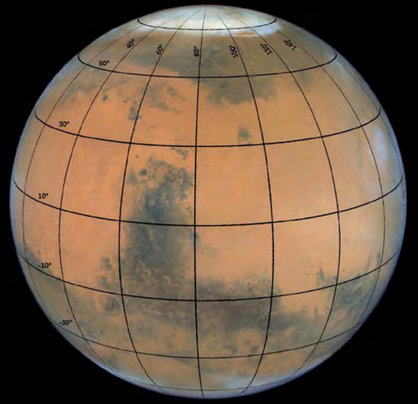
صورة مركبة باستخدام كل المرشحات

10 فبراير 2021

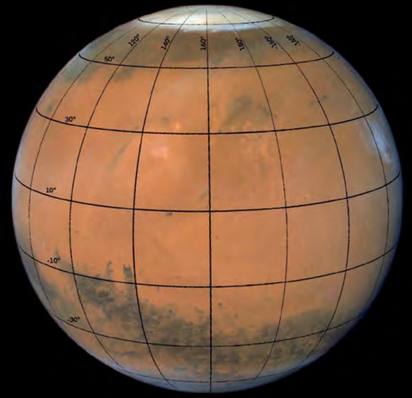
صور عامة لكوكب المريخ



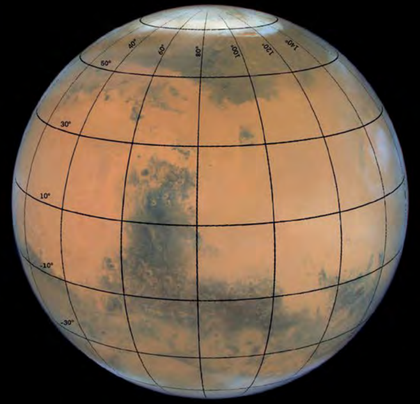
25 أبريل 2021
الدورة رقم 44 حول الكوكب



1 مايو 2021
الدورة رقم 47 حول الكوكب

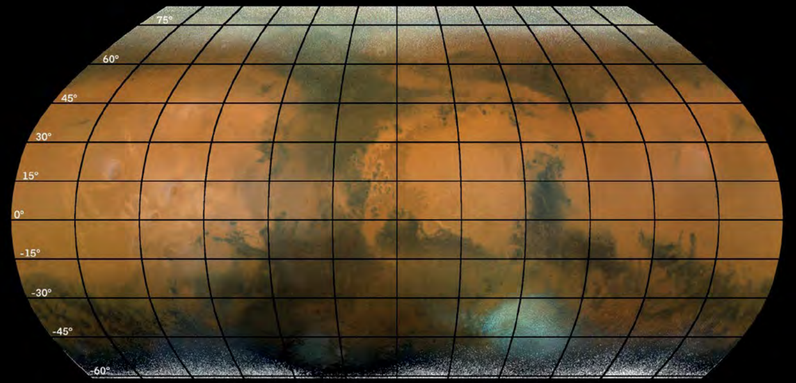


8 مايو 2021
الدورة رقم 50 حول الكوكب



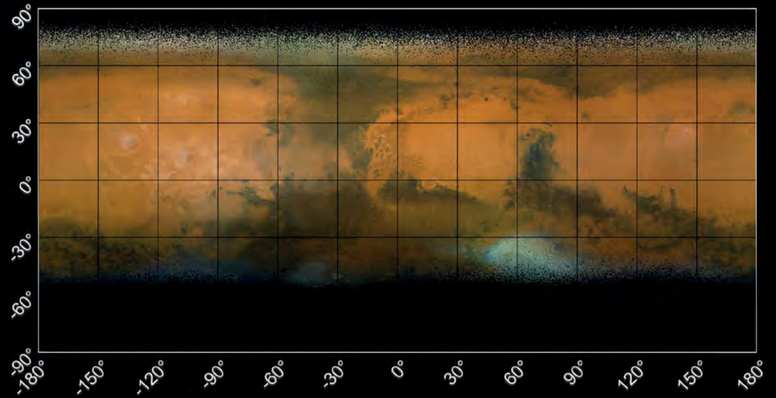
10 مايو 2021
الدورة رقم 51 حول الكوكب

خريطة الكوكب بإسقاط روبينسون



خريطة كوكب المريخ بأكمله التي تتكون من صور وبيانات رصدها أجهزة التصوير المختلفة ضمن مشروع الإمارات لاستكشاف المريخ - مسبار "الأمل". تتكون الخريطة المدمجة من 582 صورة منفصلة مأخوذة خلال الفترة من 10 فبراير إلى 30 أغسطس 2021 وقد جمّعت بإسقاط روبينسون بعد حذف الصور الأقل وضوحاً ودقة للمناطق القطبية.

خريطة الكوكب بالإسقاط الإسطواني

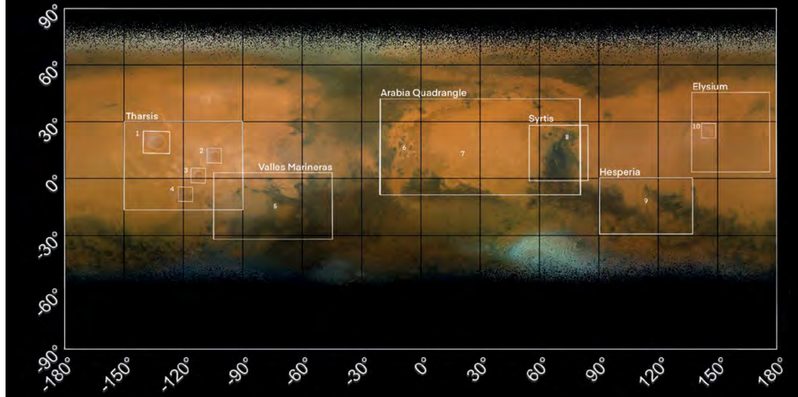


خريطة كوكب المريخ بأكمله التي تتكون من صور وبيانات رصدتها أجهزة التصوير المختلفة ضمن مشروع الإمارات لاستكشاف المريخ - مسبار "الأمل". تتكون الخريطة المدمجة من 582 صورة منفصلة إلتقطت خلال الفترة من 10 فبراير إلى 30 أغسطس 2021 وقد جمعت بالإسقاط الإسطواني.

الخرائط المعنونة

04

الخرائط المعنونة



جبال ثارسيس
1. جبل أولمبس
2. جبل أسكرايوس
3. جبل بافونيس
4. جبل أرسيا

وادي مارينيريس
5. جنوب غربي منخفض ميلاس

المقطع العربي
6. وادي مورث
7. أرض العرب
8. فوهة يزيرو الصدمية

منطقة هسبريا
9. سهل هسبريا

منطقة إليزيوم
10 . جبل أولمبس

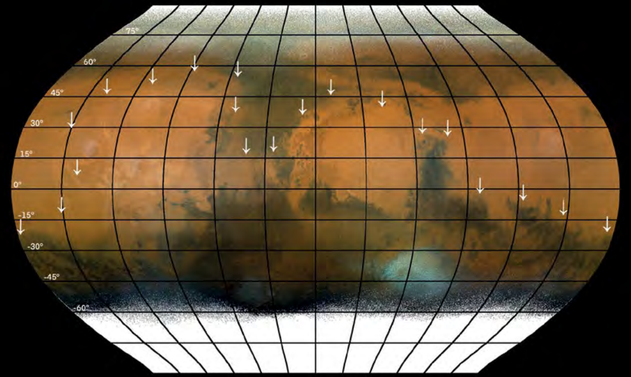
الانقسام الثنائي لكوكب المريخ

يعنى مصطلح الانقسام الثنائي لكوكب المريخ ذلك الفرق الواضح بين النصفين الشمالي والجنوبي للكوكب، فالنصف الجنوبي يتميّز بارتفاع مستوى سطحه (من كيلومتر إلى خمسة كيلومترات) مقارنة بالنصف الشمالي. إضافة إلى ذلك، فهناك فرق في سمك القشرة الأرضية للكوكب (المعدل 45 كيلومتر) حيث أن معدل سمك القشرة الأرضية في النصف الشمالي يبلغ 32 كيلومتراً بينما يبلغ معدل سمكها في النصف الجنوبي 58 كيلومتراً.

يتميّز النصف الشمالي للكوكب بكثرة السهول المنبسطة الخالية من البراكين، وبصغر سنه مقارنة بالنصف الجنوبي الذي يفوقه عمراً وارتفاعاً ومن حيث عدد الفوهات الصدمية المنتشرة بكثرة.

تتميّز جغرافية الكوكب بالتضاريس الشبكيّة في النصف الشمالي من المقطع العربي وهضاب أيوليس حيث تكثر الوديان العميقة والأخاديد والشقوق الضخمة.

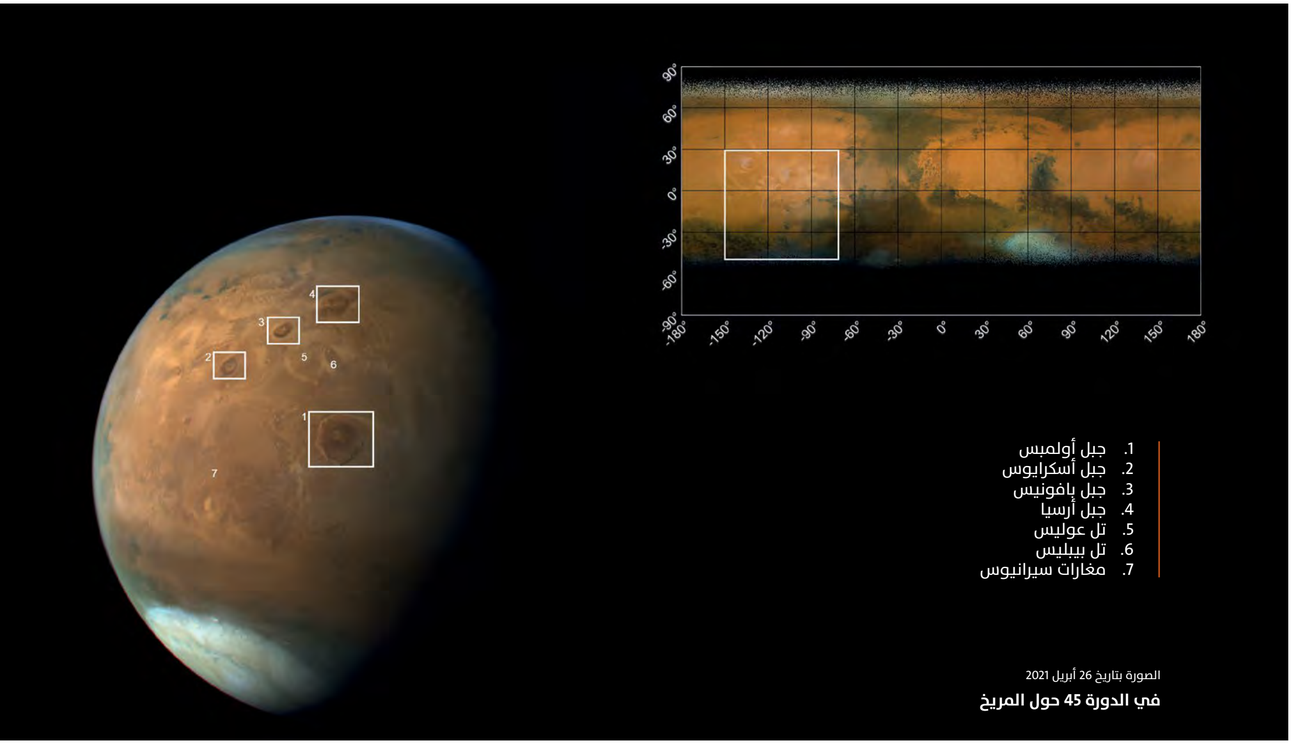
تنقسم آراء العلماء حول مسببات هذا الانقسام الذي يعود إلى حقبة مبكرة من تاريخ الكوكب، فهناك ثلاث نظريات لتفسيره. أولاها تعزو الانقسام إلى الظواهر الجيولوجية وتحركات القشرة بسبب تيارات الحمم البركانية في جوف الكوكب. هناك أيضاً دراسات تؤيد نظرية حدوث الانقسام بسبب ارتطام جسم فضائي ضخم بالكوكب. أما النظرية الثالثة فتفسره بتعدد الارتطامات، وهي الأقل احتمالاً نظراً لكثرة الفوهات الصدمية وتداخلها في النصف الشمالي من الكوكب.



منطقة ثارسيس البركانية

تقع منطقة ثارسيس البركانية في النصف الغربي من كوكب المريخ وتستمد تسميتها من الثقافة الإغريقية اللاتينية حيث أشارت كلمة "ثارسيس" إلى أقصى مناطق الغرب في العالم المعروف لهم قديماً. وتعتبر التضاريس البركانية والتكتونية في هذه المنطقة من أقدم التشكيلات من هذا النوع في مجموعتنا الشمسية.

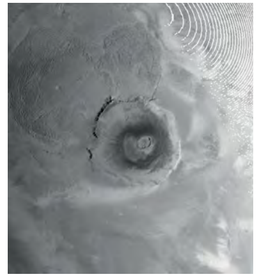
تتضمن هضبة منطقة ثارسيس جبل أولمبس وهو الأعلى في الكوكب، ومجموعة من القمم المتعامدة في خط واحد تتكون من براكين درعية وهي جبل أرسيا وجبل بافونيس وجبل أسكرايوس التي تعرف بإسم جبال ثارسيس.



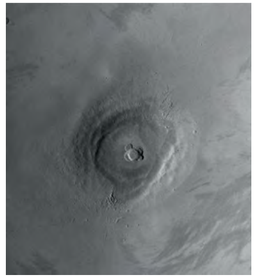
1. جبل أولمبس
2. جبل أسكرايوس
3. جبل بافونيس
4. جبل أرسيا
5. تل عوليس
6. تل بيبليس
7. مغارات سيرانيوس

الصورة بتاريخ 26 أبريل 2021

في الدورة 45 حول المريخ

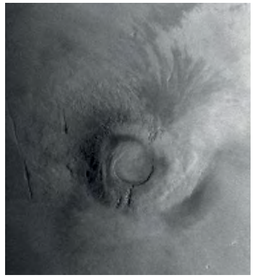


1) جبل أولمبس
هو أطول جبل في المجموعة الشمسية، فيبلغ طوله 21229 متراً بينما يفوق حجمه حجم أي بركان درعي على الأرض بأكثر من خمسين مرة. ومع ذلك، فإن جبل أولمبس يعتبر من أحدث البراكين الدرعية على المريخ فقد تشكّل قبل فترة لا تتعدى 30 مليون عاماً.



2) جبل أسكرايوس
يقع في أقصى شمال سلسلة جبال ثارسيس التي تشكل خطاً مستقيماً من الشمال الشرقي إلى الجنوب الغربي. يبلغ ارتفاع هذا البركان الدرعي 18 كيلومتراً وهو الأطول في هذه السلسلة ويعود تشكيله إلى حوالي 100 مليون سنة.

3) جبل بافونيس المعروف سابقاً بالبقعة الوسطى نسبة لتوسطه هذه السلسلة وموقعه على خط الاستواء. ومع صغر حجمه نسبياً (8.7 كيلومتر)، فيبلغ عمره حوالي 300 مليون سنة.

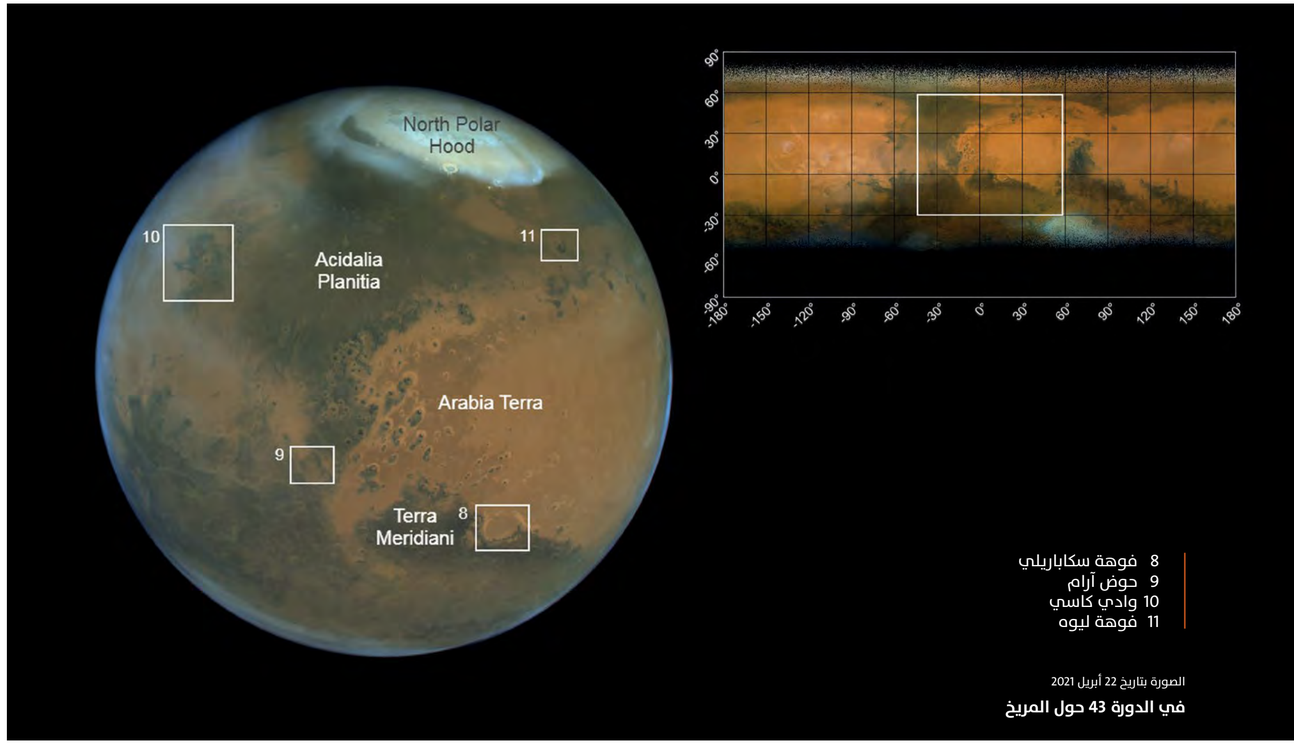


4) جبل أرسيا
يقع في شمال سلسلة جبال ثارسيس وهو ثاني جبال كوكب المريخ من حيث الكتلة على الرغم من أن ارتفاعه لا يبلغ سوى 11.7 كيلومتر. يعود تشكيله إلى حوالي 700 مليون سنة وهو بذلك أقدم جبال السلسلة.

5) تل عوليس
هو أحد البراكين في مقطع ثارسيس شرقي تل بيبليس، وتتميز التلال البركانية بأنها أصغر من الجبال بقليل. سمي تل عوليس كذلك بسبب ظاهرة انعكاس الضوء عنه بشكل معين يرمز إلى شخصية عوليس الأسطورية.

6) تل بيبليس
هو واحد من بركانين خامدين بالقرب من مركز منطقة براكين ثارسيس وتقريبا في منتصف المسافة بين جبل أولمبس وتل ثارسيس في مقطع ثارسيس الذي يضم ايضاً تل عوليس. يصل ارتفاع التل إلى 3 كيلومترات مع أنه يمتد إلى مسافة 170 بعرض 100 كيلومتر. يتوسط التل منخفض بيبليس بعمق 4 كيلومترات الذي تشكّل لدى انهيار فوهة البركان خلال أحد الإنفجارات البركانية.

7) مغارات سيريبرس
هي مجموعة من الأخاديد شبه المتوازية بامتداد 1235 كيلومتراً، شكلتها حركة خطوط الصدع في منطقة سيريبرس مما أدى إلى تباعد أجزاء من قشرة الكوكب عن أحدها الآخر. أدت الأحداث البركانية في مقطع ثارسيس شرقي المنطقة إلى ظواهر جيويولجية وهي خطوط الصدع ومن الممكن تحديد شكل كثبان رملية نحتتها الرياح. وبما أن هذه الخطوط قد تشكّلت فوق تضاريس أخرى كتلال تارتارس وسهل حمم بركان جبل إليزيوم، فمن الواضح أنها ظاهرة جيولوجية حديثة.



8 فوهة سكاباريلي
9 حوض آرام
10 وادي كاسي
11 فوهة ليوه

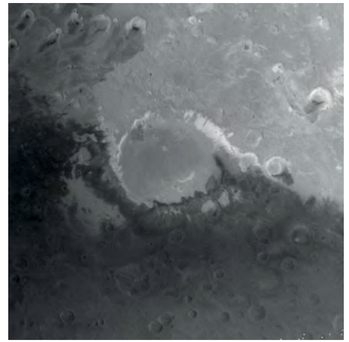
الصورة بتاريخ 22 أبريل 2021

في الدورة 43 حول المريخ

المقطع العربي

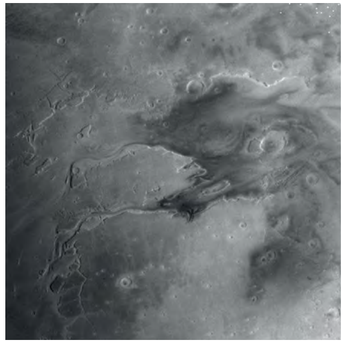
يوضح الشكل جزءاً من المقطع العربي على المريخ وبعضاً من منطقة أرض سبأ وسهل ميريديانى، والمنطقة بشكل عام تقع بين السهول الشمالية الجديدة والمرتفعات الجنوبية الأقدم.

يتميز المقطع العربي بكثرة الفوهات الصدمية على سطحه، مع أنه يختلف عن بقية المناطق القديمة بانخفاض ارتفاعه.



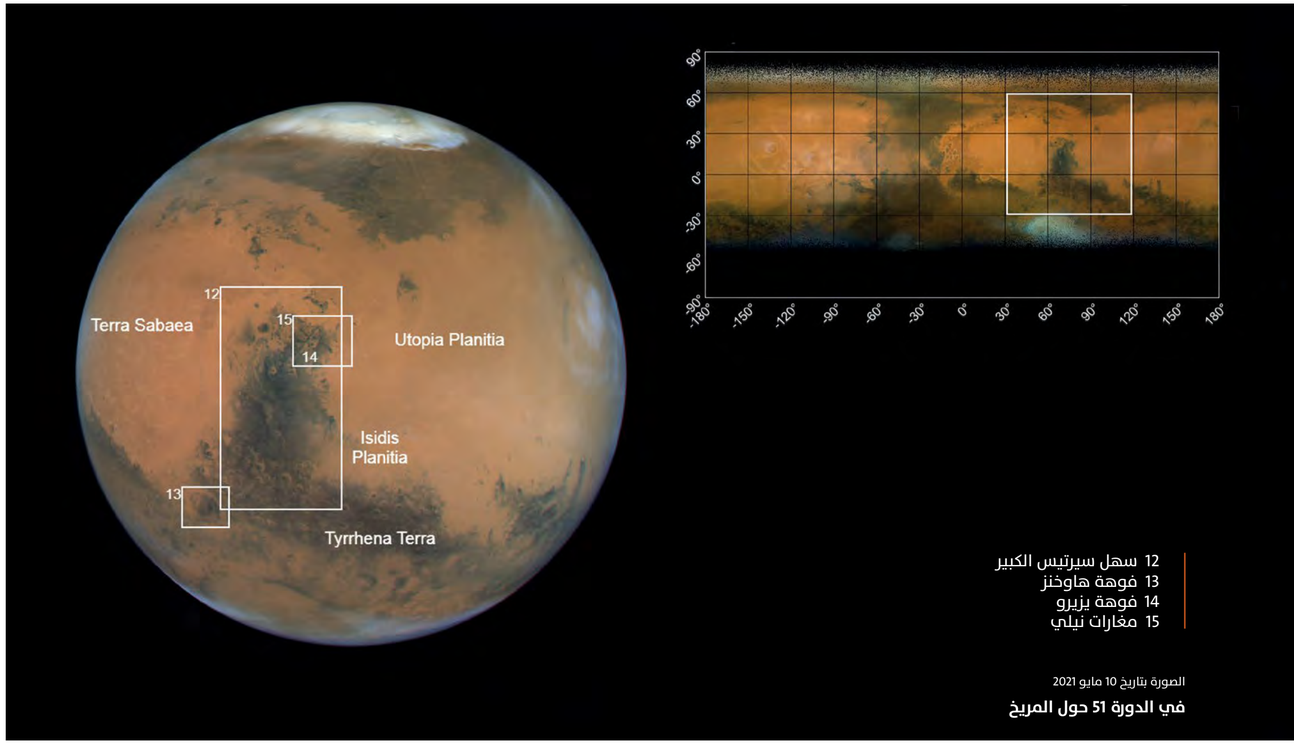
8) يبلغ قطر **فوهة سكاباريلي** الصدمية 453 كيلومتر وقد سميت بذلك نسبة إلى عالم الفلك الإيطالي جيوفاني سكاباريلي. للفوهات في هذه المنطقة عدد من الطبقات التي تشكّلت بفعل الرياح أو البراكين أو وجودها تحت الماء.

9) **حوض آرام** هو كل ما تبقى من فوهة صدمية متآكلة بالقرب من وادي آريس شرقي أخدود الوادي البحرية. لم يتبق من الفوهة إلا بعض الآثار والشكل الدائري بقطر 280 كيلومتر بفعل مختلف الظواهر الطبيعية. يتضمن الحوض مواد كالكبريتات المهدرجة أو أكاسيد الحديد كالجاروسايت والهيماتايت. تضم أرضية الحوض أيضاً لوحاً ضخماً تسبب بانهياره تسرب كميات هائلة من المياه أو الجليد.



10) **وادي كاسي** (اسم كوكب المريخ باللغة اليابانية) هي مجموعة ضخمة من الوديان التي تمتد من منطقة بحر أسيداليوم إلى منطقة أقمار بالوس. يبلغ طول الوادي 1580 كيلومتراً. يصل عرض هذه المجموعة إلى 482 كيلومتراً وهي من أكبر القنوات في المريخ، ويفسر العلماء وجودها بأنها ممرات حفرتها المياه التي تفجرت من باطن الكوكب بفعل ظواهر بركانية في منطقة ثارسيس مع احتمال كونها أحداث متعددة في نفس المكان وقد تكون حدثاً واحداً.

11) سميت **فوهة ليوه** بإسم عالم الفلك الفرنسي برنار ليوه ويبلغ قطرها 236 كيلومتراً. تتمتع الفوهة بأعمق سطح في النصف الشمالي للكوكب، وهو يحتوي على أخاديد تمتد بطول 10 كيلومتر وعرض 250 متر حفرتها المياه في تدفقات تبدو حديثة مقارنة بغيرها.



12 سهل سيرتيس الكبير
13 فوهة هاوخنز
14 فوهة يزيرو
15 مغارات نيلي

الصورة بتاريخ 10 مايو 2021

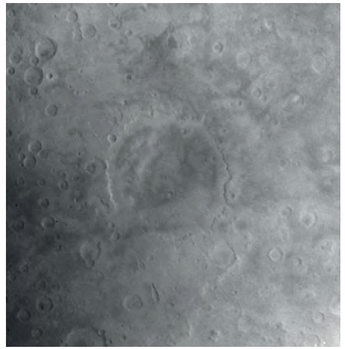
في الدورة 51 حول المريخ

سهل سيرتيس الكبير

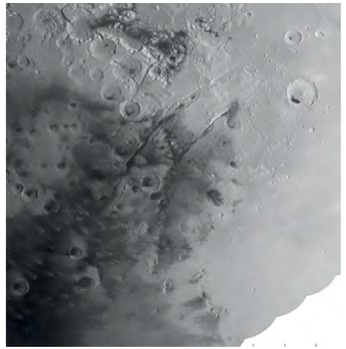
يظهر سهل سيرتيس الكبير على شكل بقعة سوداء على سطح المريخ بفضل الصخور البركانية الباسالتية داكنة اللون في تلك المنطقة، ويقع في منطقة سيرتيس الكبير غربي حوض إيزيديس الصدمي بين المنخفضات الشمالية والمرتفعات الجنوبية.

أشارت البيانات من المسبار (Mars Global Surveyor) إلى أن المنطقة عبارة عن بركان درعي منخفض الارتفاع وليست سهلاً كما اعتقد العلماء سابقاً. يعود اللون الداكن إلى كثرة الصخور الباسالتية وندرة الغبار.

12) يظهر **سهل سيرتيس الكبير** على شكل بقعة سوداء على سطح المريخ بفضل الصخور البركانية الباسالتية داكنة اللون في تلك المنطقة، ويقع في منطقة سيرتيس الكبير غربي حوض إيزيديس الصدمي بين المنخفضات الشمالية والمرتفعات الجنوبية. أشارت البيانات من المسبار (Mars Global Surveyor) إلى أن المنطقة عبارة عن بركان درعي منخفض الارتفاع وليست سهلاً كما اعتقد العلماء سابقاً.

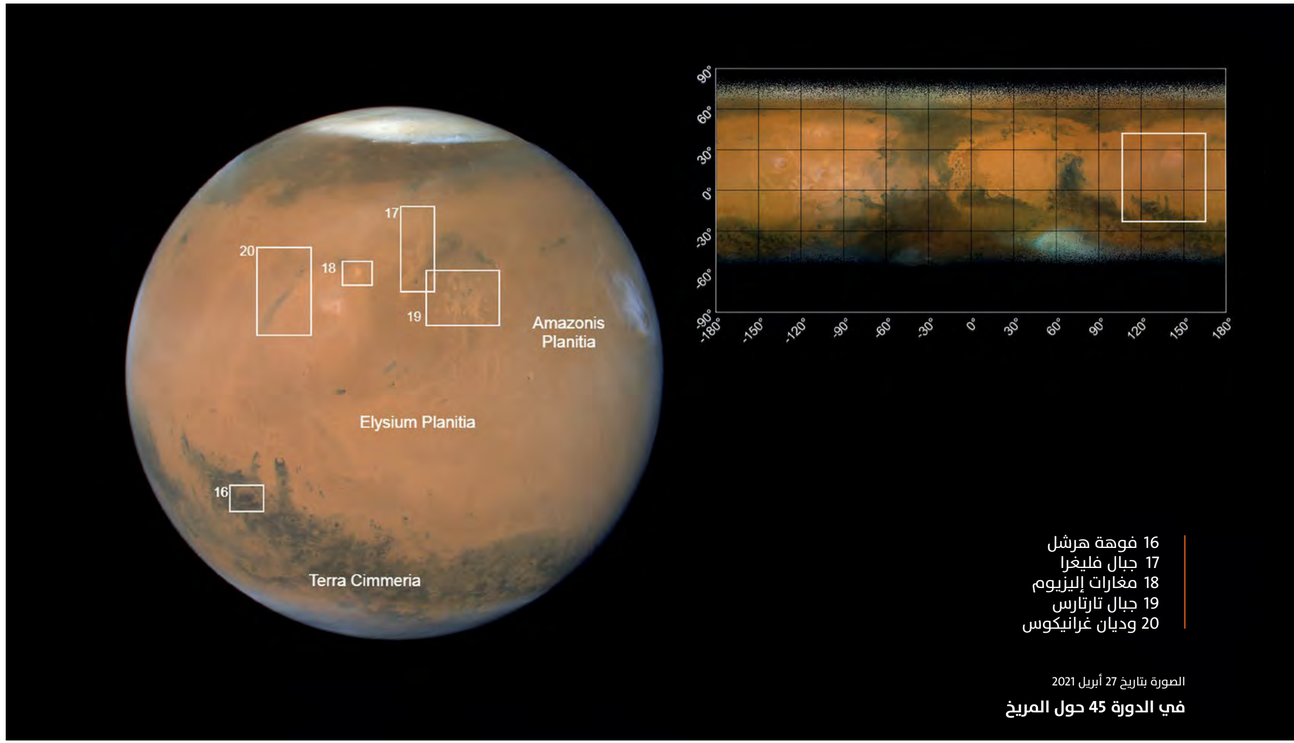


13) سميت **فوهة هاوخنز** نسبة إلى عالم الفلك والرياضي والفيزيائي الهولندي كريستيان هاوخنز. تتميز فوهة هاوخنز بكبر حجمها (467.25 كيلومتر) مع عدم تضررها مقارنة بغيرها من الفوهات المريخية، ولا يفوقها حجماً من الفوهات الصدمية المعروفة سوى فوهات أدوبيا وهيلاس وأرغاير وإيزيديس. تحتوي حافة الفوهة على ترسبات كربونات الحديد أو الكالسيوم مما يشير إلى أن الكوكب كان يتمتع سابقا بجو يحتوي على ثاني أكسيد الكربون والرطوبة.



14) يصل حجم **فوهة يزيرو** إلى 45 كيلومتر ويضم تضاريس دلتا مروحية غنية بالغرين مما يشير إلى أنها كانت مغمورة بالمياه فيما سبق. وبالإضافة إلى الدلتا، فتوجد آثار واضحة لتراكمات نهرية وقنوات معكوسة. تفيد الدراسات التي أجريت على تلك التضاريس أن البحيرة داخل الفوهة قد تشكّلت بفضل تدفق مستمر من السطح، وقد أعلنت وكالة الفضاء الأمريكية عن اختيار فوهة يزيرو موقعاً لهبوط مركبة الاستكشاف (Perseverance) ضمن مهمتها لاستكشاف المريخ في 2020.

15) تقع **منطقة مغارات نيلي** في منطقة سهل سيرتيس الكبير وهي في الحقيقة ظاهرة جيولوجية تنتج عن انهيار تحت الأرض يشكّل منخفاضاً أرضياً ضمن قشرة الأرض على شكل حفر عمودية ضخمة، في تشكيلات دائرية مملوءة جزئياً بالطمى من حوض إيزيديس القريب منها. تعتبر المنطقة بأكملها منخفضاً بمقدار 0.6 كيلومتر وتكثر فيها أحجار الأوليفين والمعادن الكربونية إضافة إلى أعمدة غاز الميثان.



16 فوهة هرشل
17 جبال فليغرا
18 مغارات إليزيوم
19 جبال تارتارس
20 وديان غرانيكوس

الصورة بتاريخ 27 أبريل 2021

في الدورة 45 حول المريخ

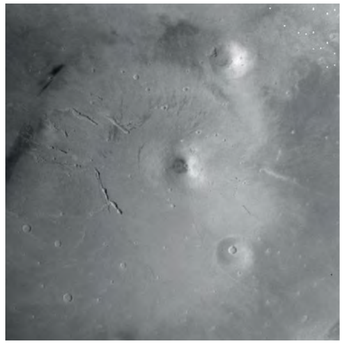
إليزيوم

يضم مقطع إليزيوم شمال قارة إليزيوم وجزء من سهل لوكوس بالإضافة إلى قسم من مجموعة مغارات ميدوسا ومن أكبر الفوهات هناك فوهات أدي ولوكيير وتومبو.

تضم المنطقة أيضاً بركان جبل إليزيوم وتل ألبور وبعض الوديان النهرية التي تضم وادي أثاباسكا وهو من أحدث وديان كوكب المريخ.

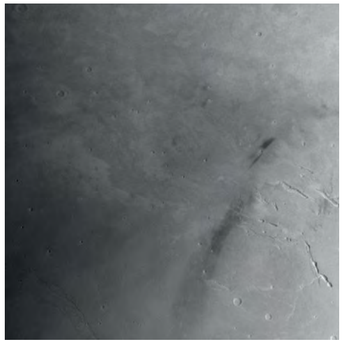
16) يبلغ قطر **فوهة هرشل** 304 كيلومتراً وهي تقع في منطقة بحر تيرينيوم في النصف الجنوبي للكوكب. سميت الفوهة بهذا الإسم نسبة إلى عالمي الفلك وليام هرشل وأبيه جون هرشل (القرن السابع عشر والثامن عشر). أظهرت الصور التي التقطها مسبار وكالة الفضاء الأمريكية أن الكثبان الركلية في الفوهة ليست ثابتة.

17) تتكون **سلسلة جبال فليغرا** من التضاريس الصخرية الضخمة في المناطق السهلية في شمال الكوكب وتمتد لمسافة حوالي 1400 كيلومتر في خط شبه مستقيم من هضبة إليزيوم إلى منطقة الخرائب الشمالية. سميت السلسلة كذلك نسبة إلى منطقة فليغرا الاسطورية وهي تفصل سهول أدوبيا (في الغرب) عن سهول أمازونيا (في الشرق). تحد السلسلة من الجهتين مجموعة من التضاريس الجبلية المتعرجة المتوازية.



18) **مغارات إليزيوم** عبارة عن سلسلة من الأخاديد العميقة بطول 1175 كيلومتر وسميت المنطقة بهذا الاسم بسبب شكلها الذي يوحي بشكل سهل إليزيوم في أساطير الإغريق القدماء، وتظهر في هذه الأخاديد مجموعة من الطبقات الجيولوجية. تظهر هذه الطبقات بألوان مختلفة في عدد من الأماكن في المريخ.

19) تمتد **سلسلة جبال تارتارس** لمسافة حوالي 1070 كيلومتر وتفصل بين منطقة أوركوس ومنطقة إليزيوم البركانية. سميت السلسلة ذات الاخاديد والوديان السحيقة بهذا الإسم نسبة إلى أحد آلهة الإغريق القدماء الذي كان إله الأعماق في باطن الأرض.

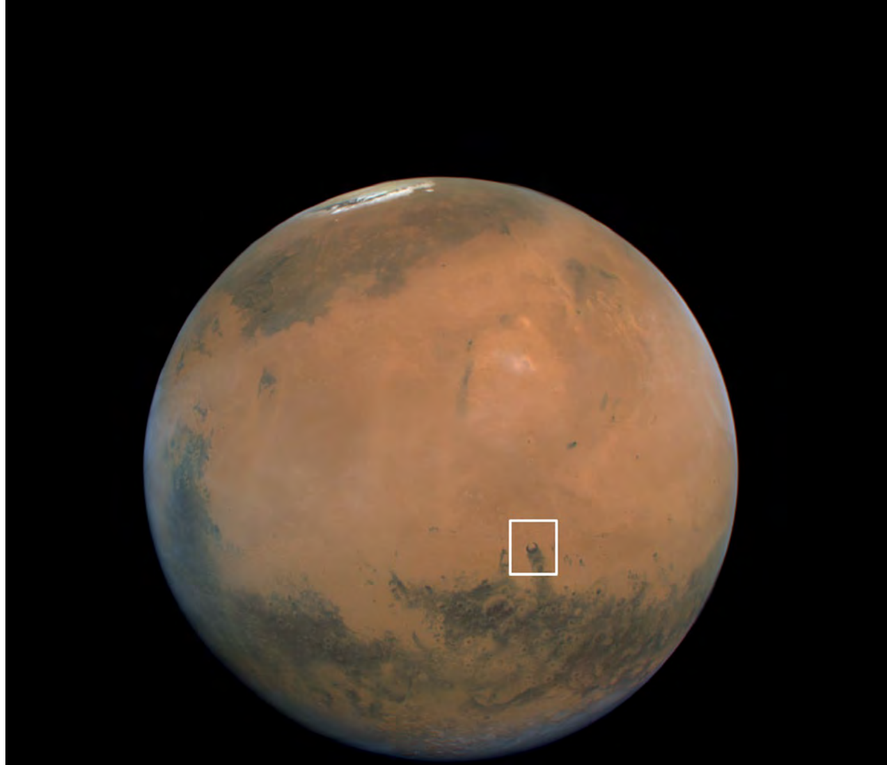


20) تقع **مجموعة وديان غرانيكوس** في منطقة أمنتيس وتمتد لمسافة 750 كيلومتر، وسميت بهذا الإسم نسبة إلى أحد أنهار تركيا. تتميز المنطقة بامتداد القنوات الفيضية واتساعها على مدى كيلومترات.

05

الفوهات الصدمية

إن الفوهات الصدمية هي منخفضات دائرية الشكل على السطح نتيجة ارتطام جسم بالكوكب بسرعة عالية للغاية. تختلف الفوهات الصدمية عن الفوهات البركانية التي تتشكل بفعل الانفجارات البركانية أو انهيا البراكين فهي تتميز بارتفاع الحافة وانخفاض القاع عن مستوى الأرض المحيط بها. هناك العديد من أنواع الفوهات الصدمية فمنها الصغير والكبير وهناك فوهات متعددة الحواف.



الفوهات المرتفعة

ينتج عن الارتطام أحياناً فوهات مرتفعة لأن الارتطام يدفع بمواد أو أحجار إلى السطح، وقد تكون هذه المواد أكثر مقاومة لعوامل التعرية التي تؤثر على المنطقة المحيطة بالفوهة بشكل أكبر، وبمرور الزمن ينخفض مستوى سطح الكوكب بشكل ملحوظ مقارنة بالفوهة. رصدت مركبة (Mariner) لوكالة الفضاء الأمريكية هذا النوع من الفوهات وقد حدد العلماء أن طول بعضها يصل إلى مئات الأمتار.

الفوهات المسوّرة

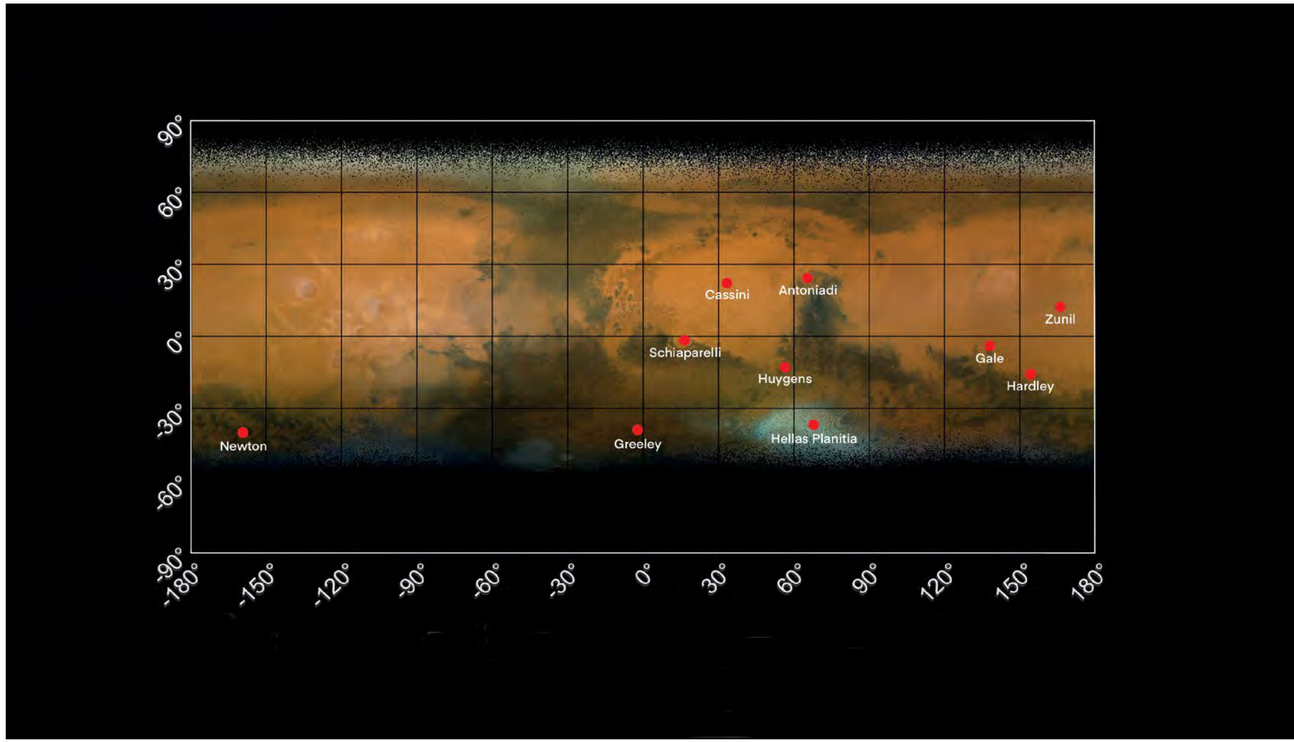
تتشكل الفوهات المسورة لأن الارتطام تسبب بإسالة الركام الذي انساب منها على عكس الارتطامات التي أدت إلى قذف الركام في الهواء بعيداً عن الفوهة، ومعظم الفوهات المسوّرة في النظام الشمسي موجودة في كوكب المريخ. تتسم تدفقات المواد المسارة ببطء انسيابها والتفافها حول أي عوائق تشكلها التضاريس المحلية.

الفوهات الموسعة

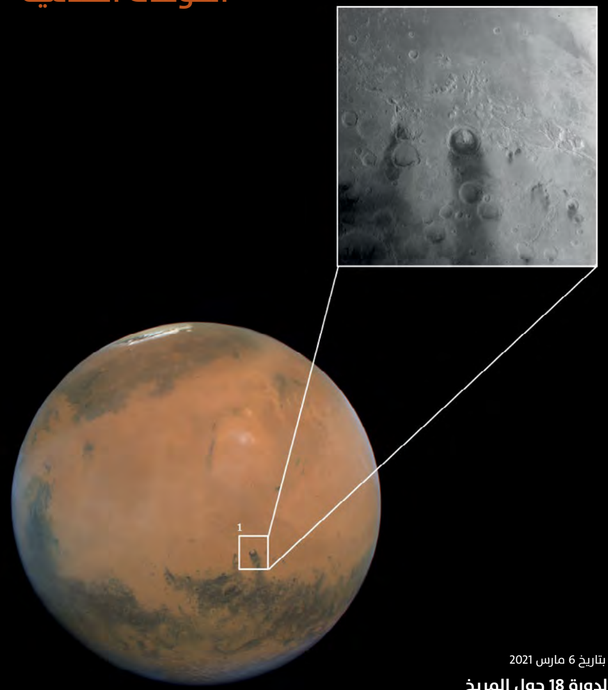
الفوهات الموسعة هي فوهات ثانوية تشكّلت نتيجة سقوط الركام ارضاً بفعل ارتطام أكبر وهي تساعد العلماء على تحديد مواقع محتملة لوجود الجليد. بما أن الفوهات الموسعة تفقد حافتها فإن ذلك قد يعود إلى انهيار الحافة بفعل توسعها أو تبخر الجليد إن كانت أصلاً فوهات جليدية.

الفوهات المسطحة (LARLE)

تتميز الفوهات المسطحة باتساع مساحتها مقارنة بارتفاعها حيث تظهر فيها الفوهة وطبقات الركام محاطة بحلقة ضخمة رقيقة من الركام على شكل يشبه اللهب. تعتبر الفوهات مسطحة مقارنة بالفوهات البركانية نظراً لامتداد حلقة الركام الخارجية التي تتكون من ذرات صغيرة من الغبار والجليد.



الفوهات الصدمية

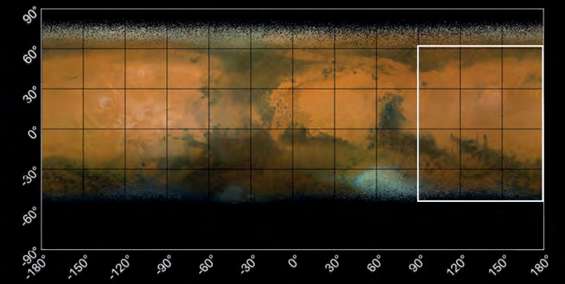


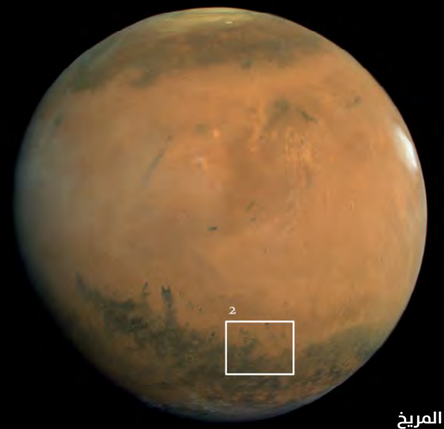
1 غيل

من المحتمل إن فوهة غيل كانت موقع بحيرة في السابق، وتقع الفوهة في الشمال الغربي لمقطع أيوليس. يبلغ قطر الفوهة 154 كيلومتر وتشكلت قبل حوالي 3.5 إلى 3.8 مليار سنة. سمّيت الفوهة نسبة إلى عالم الفلك الأسترالي والتر فريديريك غيل الذي درس الكوكب في نهايات القرن التاسع عشر.

الصورة بتاريخ 6 مارس 2021

في الدورة 18 حول المريخ





الصورة بتاريخ 2 يوليو 2021

في الدورة 74 حول المريخ

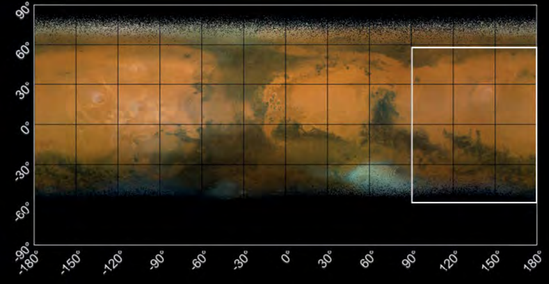
2 هادلي

تقع فوهة هادلي في مقطع أيوليس وهو جزء من أرض كيميريا.

يبلغ قطر الفوهة 119 كيلومتراً وسمي كذلك نسبة إلى عالم الأرصاد البريطاني جورج هادلي.

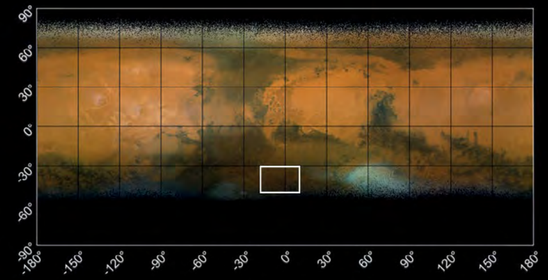
3 زونيل

تقع الفوهة في مقطع إليزيوم بالقرب من مغارات سيريبرس ويبلغ قطرها 10.26 كيلومتراً. تشكّلت الفوهة بفعل ارتطام لا يزيد عمره على بضعة ملايين من السنين ولهذا فالفوهة لا تزال في حالة جيدة. وحسب ما يراه العلماء فإن الارتطام لم يكن فائق السرعة كما يحصل في حالات ارتطام المذنبات، ومع ذلك فإن الفوهة هي المصدر المحتمل للنيازك الباسالتية التي تشكلت من المواد التي سقطت في هذا الموقع قبل حوالي 165 مليون إلى 177 مليون سنة.



الصورة بتاريخ 2 يوليو 2021

في الدورة 74 حول المريخ



الصورة بتاريخ 16 أغسطس 2021

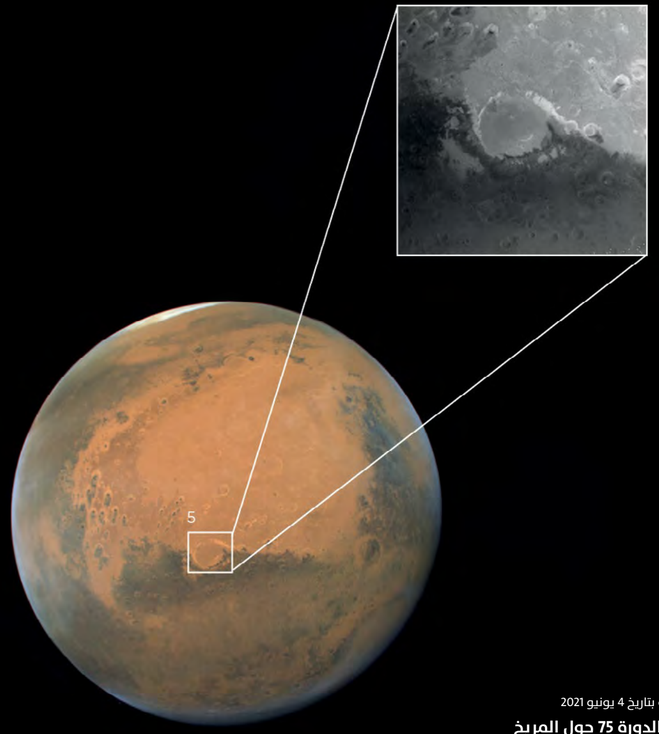
في الدورة 94 حول المريخ

4 غريلي

تقع فوهة غريلي في شمال غربي مقطع نواكيس ويبلغ قطرها 457 كيلومتراً. سميت الفوهة نسبة إلى عالم الجيولوجيا الأمريكي رونالد غريلي.

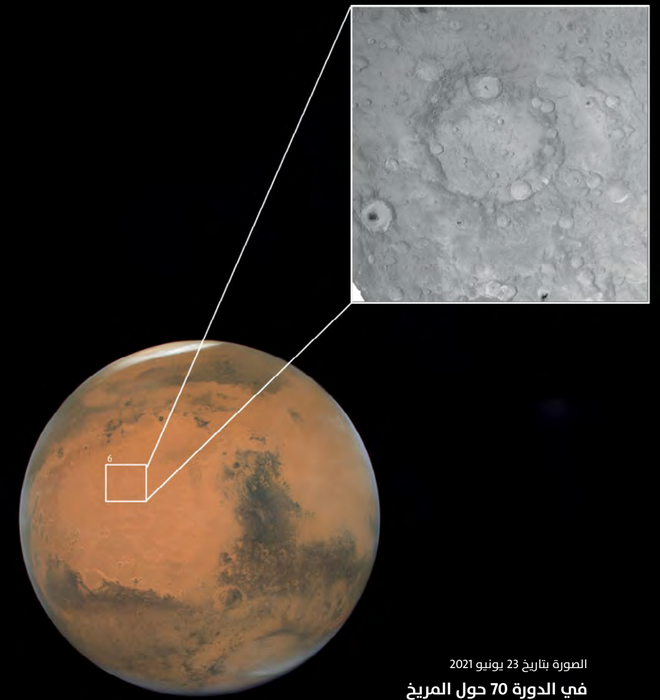
5 سكاباريلي

تقع فوهة سكاباريلي بالقرب من خط الاستواء في مقطع مغارات سبأ وقطرها 459 كيلومتر. يمكن ملاحظة الطبقات الجيولوجية التي سببتها الرياح أو البراكين أو التعرض للمياه داخل فوهة أصغر ضمن محيط فوهة سكاباريلي. تشير الدراسات العلمية إلى أن هذه الطبقات تعكس تغيرات حدثت في مناخ الكوكب بسبب اضطرابات في ميلان الكوكب خلال دورانه حول محوره.



الصورة بتاريخ 4 يونيو 2021

في الدورة 75 حول المريخ



الصورة بتاريخ 23 يونيو 2021

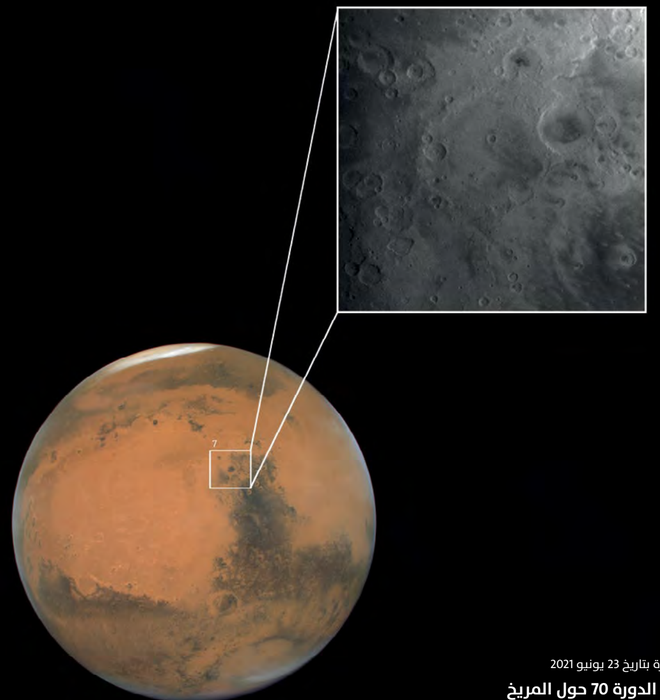
في الدورة 70 حول المريخ

6 كاسيني

تقع الفوهة في المقطع العربي ويبلغ قطرها 415 كيلومتراً. تتكون أرضية الفوهة من عدة طبقات ربما تشكلت بفعل البراكين أو حركة الرياح أو المياه.

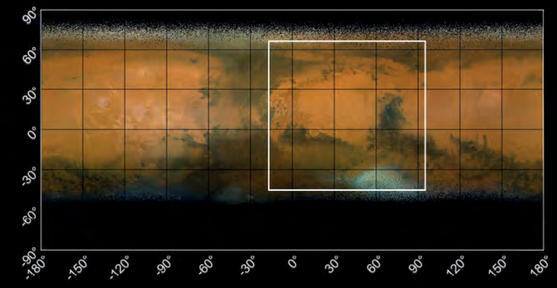
7 أنتونيادي

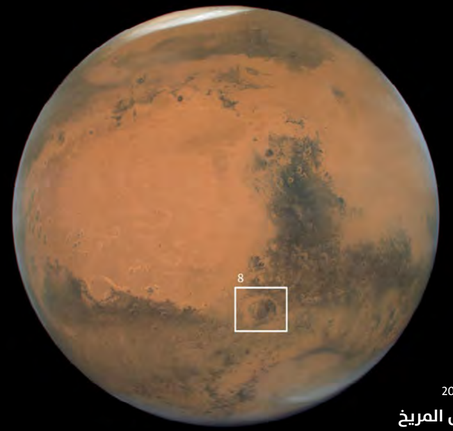
تقع فوهة أنتونيادي في مقطع سيرتيس الكبير ويبلغ قطرها 394 كيلومتراً. هناك بعض الشواهد القديمة على وجود الأنهار والبحيرات حول المنطقة وأن المعادن في المياه قد شكّلت ترسبات على شكل قنوات بارزة كشفتها عوامل التعرية قبل ملء المساحة بأكملها بالطمي. سميت كذلك نسبة إلى عالم الفلك اليوناني يوجين مايكل أنتونيادي.



الصورة بتاريخ 23 يونيو 2021

في الدورة 70 حول المريخ



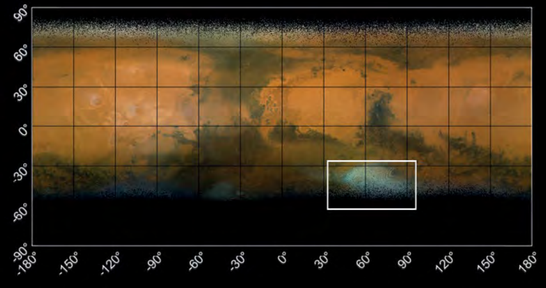


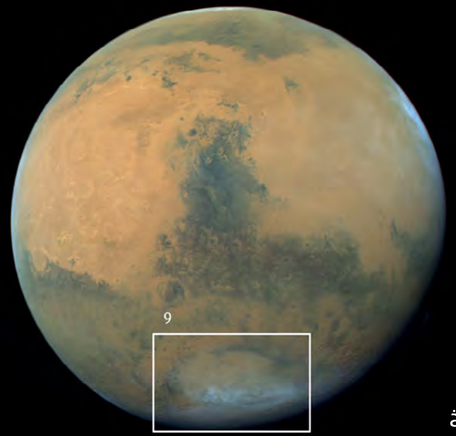
الصورة بتاريخ 23 يونيو 2021

في الدورة 70 حول المريخ

8 هاوخنز

تقع فوهة هاوخنز في مقطع إيابيغيا ويبلغ قطرها 467.25 كيلومتراً وتتميز بحافتها التي لا تزال سليمة إلى حد كبير مع اتساع حجمها، فهي الخامسة من حيث الحجم بعد فوهات أدوبيا وهيلاس وآرغاير وإيزيديس. وفي أحد المناطق من حافة الفوهة حيث تتقاطع مع فوهة أخرى، كشف الارتطام عن وجود كبرونات الكالسيوم والحديد وهي مواد دفعها الارتطام الأصلي إلى السطح. يشير وجود هذه العناصر إلى أن الجو كان يزخر بثاني أوكسيد الكربون ومستوى أعلى من الرطوبة حيث أنها لا تظهر إلا مع وفرة الماء.



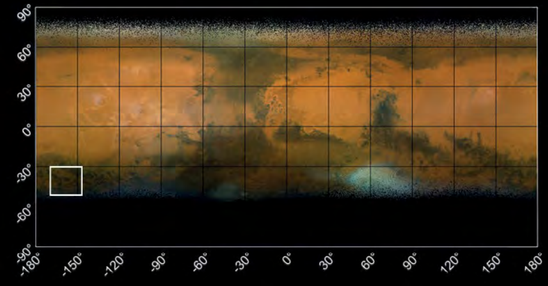


الصورة بتاريخ 13 يوليو 2021

في الدورة 79 حول المريخ

9 سهل هيلاس

تشكّل فوهة هذا الارتطام القديم (3.8 -4.1 مليار سنة، خلال فترة الكارثة القمرية/ القصف الشديد المتأخر) وهي الثالثة أو الرابعة من حيث الحجم في المجموعة الشمسية بأكملها. تشكّل سهل هيلاس لدى ارتطام كويكب أو نيزك ضخم بالمريخ مخلفاً فوهة تمتد لمسافة 2300 كيلومتراً وبعمق يصل إلى 7152 متراً.



الصورة بتاريخ 21 أغسطس 2021

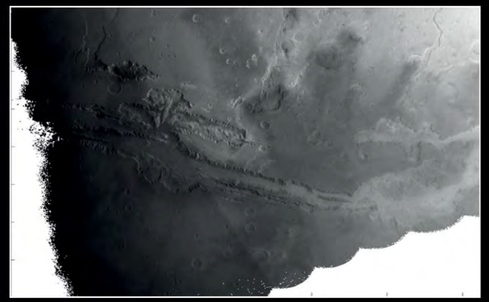
في الدورة 96 حول المريخ

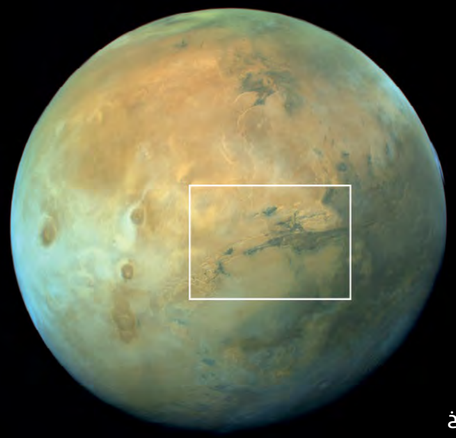
10 نيوتن

تقع فوهة نيوتن في منطقة أرض سيرينم التي تكثر فيها الفوهات ضمن مقطع فيثونتيس. يبلغ قطر الفوهة حوالي 300 كيلومتراً وقد تشكّلت قبل حوالي 3 مليار سنة. تضم الفوهة عدداً من الفوهات الأصغر حجماً وتضاريس وقنوات تشير إلى انسياب المياه في السابق. حلل العلماء هذه القنوات واستنتجوا بناء على خصائصها وشكلها وقربها من مناطق أخرى إلى أن تدفق المياه تسبب بها، كما يتوقعون وجود الجليد في فوهة نيوتن.

وادي مارينيريس

تضم منطقة وادي مارينيريس أكبر مجموعة من الوديان والأخاديد في المجموعة الشمسية فهي تمتد لمسافة 4000 كيلومتراً بعرض 200 كيلومترا وبعمق يصل إلى 7 كيلومترات. تفوق هذه الوديان وادي "غراند كانيون" في الولايات المتحدة الأمريكية فهي أطول منه بمقدار عشر مرات وأعمق بمقدار خمس مرات. سميت المنطقة نسبة إلى مركبة الاستكشاف (Mariner) التابعة لوكالة الفضاء الأمريكية التي اكتشفت هذه التضاريس في 1971.





الصورة بتاريخ 18 أغسطس 2021

في الدورة 95 حول المريخ

تشكّل وادي مارينيريس

الصورة بتاريخ 16 مارس 2021
في الدورة 25 حول المريخ

بدأت تشكّل وادي مارينيريس قبل حوالي 4 مليار سنة، في حقبة نويكيان وبشكل تضمن ثلاث مراحل بشكل مشابه لتشكّل منطقة ثارسيس. إتسمت أولى المراحل بالأحداث البركانية وارتفاع قشرة الأرض بعد انحسار الجبال الجليدية، بينما أدى تزايد الظواهر البركانية في منطقة ثارسيس إلى ازدياد معدل تشكّل الحفر العمودية الضخمة بسبب الضغط على القشرة الأرضية وبالتالي هبوطها. تحولت هذه الحفر إلى الوديان التي تعرف اليوم بإسم وادي مارينيريس. أما في المرحلة الثانية فقد أدت الظواهر البركانية إلى تصدعات ضخمة بسبب عدم تحمل قشرة الأرض لكتلة ثارسيس. وفي الفترة الثالثة شهد الكوكب ظهور البراكين الدرعية ومنها جبل أولمبس.

مناطق وادي مارينيريس

تقع منطقة **متاهات نوكتيس** في منتصف ثارسيس في مقطع بحيرة العنقاء، وهي منطقة معروفة بكثرة الوديان وخطوط الصدع والحفر العمودية كما تتميز بوفرة المعادن.

تقع **هاوية آيوس** في مقطع كوبراتيز ويبلغ طولها 938 كيلومتر فتعتبر بذلك من أطول معالم الوديان في منطقة وادي مارينيريس. ساهمت الإنهيارات الجبلية والصدوع والحفر العمودية في تشكيل الهاوية كما أن تدفّق المياه قد لعب دوراً بما أن المياه كانت تتبخر قبل وصولها إلى القاع.

تقع **هاوية تيثونيوم** أيضاً في مقطع كوبراتيز وإسمها مستوحى من الأساطير القديمة. يبلغ طولها 810 كيلومتراً ويتفاوت عرضها من 10 في الشرق إلى إلى 110 كيلومتراً بينما يبلغ عمقها حوالي أربعة كيلومترات.

تقع **هاوية إيكوس** أيضاً في مقطع كوبراتيز وفي منطقة سهول القمر بالتحديد. يبلغ طولها 100 كيلومتراً ويبلغ عرضها 10 كيلومترات بينما يبلغ عمقها حوالي أربعة كيلومترات. ومن المرجح أنها كانت بحيرة مليئة بالمياه في حقبة هسبريان بدليل ترسبات الطمي الموجودة على السطح.

تتميّز **هاوية هيبيز** وطولها 319 كيلومتراً بوجود كتلة هيبيز الضخمة التي تبرز من منتصف قاع الهاوية بارتفاع خمس كيلومترات.

تقع **هاوية أوفير** في شمال وسط منطقة وادي مارينيريس وتتميز بعرضها. يبلغ طولها 317 كيلومتراً.

تعتبر **هاوية كاندور** من أطولها في منطقة وادي مارينيريس فيبلغ طولها 773 كيلومتراً. تقع هذه الهاوية في منتصف المنطقة وتقسم إلى قسمين: الشرقي والغربي.

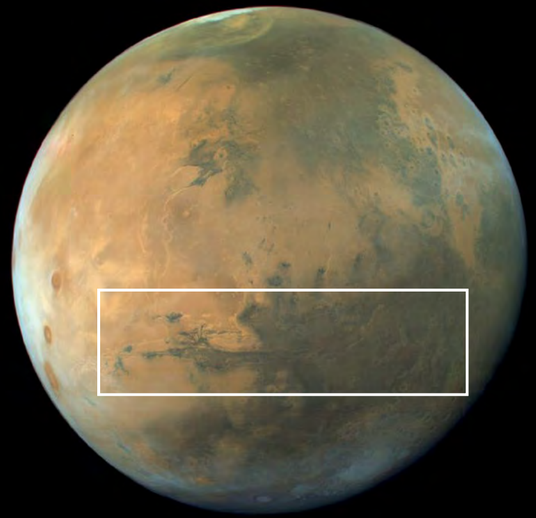
إن أوسع جزء من **وادي مارينيريس** هو هاوية ميلاس حيث عثر العلماء على سلفات مهدرجة مما يدعم نظرية تفيد بوجود بحيرة مائية في ذلك الموقع.

تقع **هاوية جوفنتاي** في شمال مقطع كوبراتيز ويبلغ طولها 250 كيلومتراً ولها قناة فرعية تسمى وديان مايا.

تتميز **هاوية الغانج** في شرق مقطع كوبراتيز بعمقها وسميت نسبة إلى النهر العظيم في جنوب آسيا.

تقع **هاوية كابري** في منتهى شرق منطقة وادي مارينيريس.

إن **مغارة كاسما** أعرض أجزاء وادي مارينيريس، ويدعم وجود السلفات المهدرجة النظرية القائلة بوجود بحيرة ماء ضخمة في هذا الموقع في سابق الزمان.



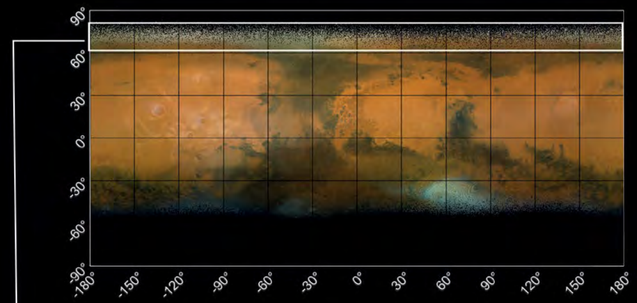
الصورة بتاريخ 6 يوليو 2021

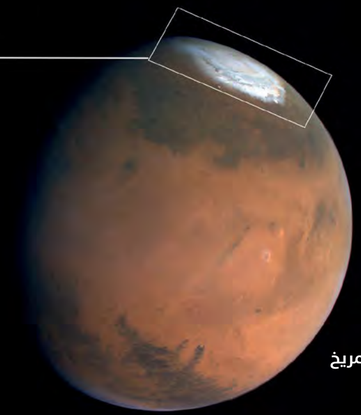
في الدورة 76 حول المريخ

06

المقاطع

مقطع البحر الشمالي



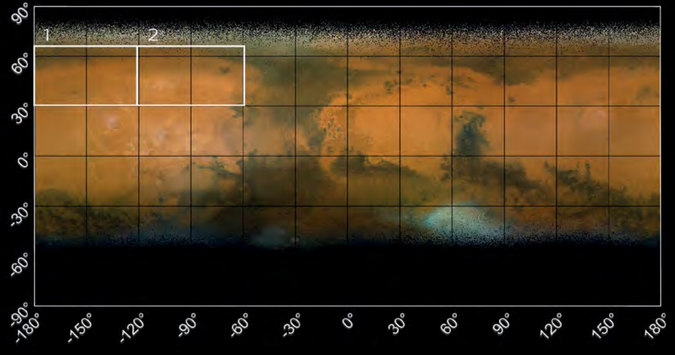


الصورة بتاريخ 2 يوليو 2021

في الدورة 74 حول المريخ

لقد بادرت هيئة المساحة الجغرافية للولايات المتحدة الأمريكية بتقسيم كوكب المريخ إلى ثلاثين مقطعاً رباعي الأضلاع ذات مساحات متساوية وإحداثيات محددة. ترقم المقاطع مع إضافة (MC) إلى الرقم من الشمال إلى الجنوب ومن الغرب إلى الشرق.

يستمد هذا المقطع اسمه من الإسم القديم "السهل الشمالي" ويقع شمال خط العرض 65. يتميز هذا المقطع بالكتلة الجليدية الضخمة المحاطة بمناطق السهل الشمالي والشمال الشاسع – الذي يعتبر أكبر المنخفضات في كوكب المريخ. يشكّل السهلان المحيطان بالقطب حزاماً من الكثبان الرملية ويشكّل أكبر منطقة كثبان رملية في المجموعة الشمسية. يقع وادي هاوية الشمال بالقرب من القطب وقد تشكل على الأحرى بفعل تدفّق الجليد الذائب من القطب. من أبرز المعالم في هذه المنطقة التي تفتقر إلى التضاريس فوهتي لومونوسوف وكوروليف.



1 دياكريا
2 أركاديا

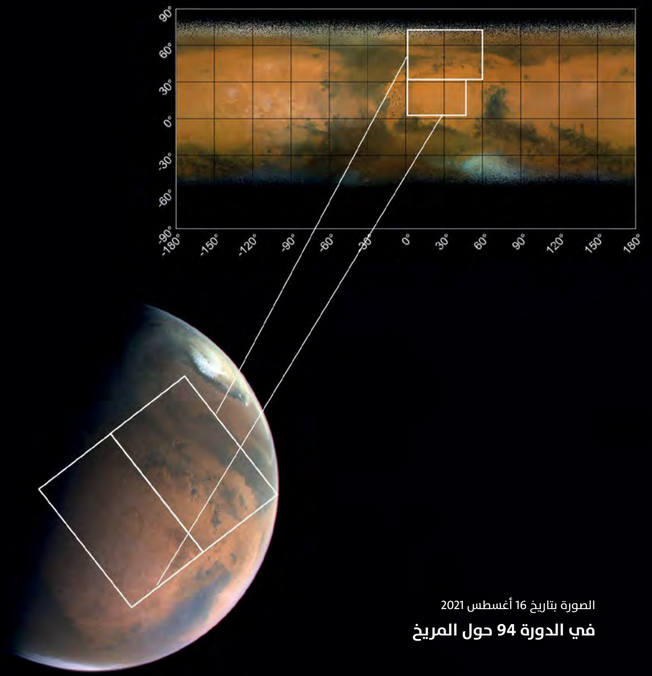
1 دياكريا

أطلق عالم الفلك اليوناني يوجين مايكل أنتونيادي تسمية دياكريا على هذا المقطع نسبة إلى منطقة دياكريا بالقرب من مدينة ماراثون في موطنه، ويتميز هذا المقطع بتاريخ حافل بالأحداث البركانية والهزات الأرضية وخصوصاً في المناطق في شرقي جنوب المقطع ووسطه. يقع المقطع في الشمال الغربي من كوكب المريخ ولهذا تتميز المناطق الشمالية منه بالانخفاض. يضم المقطع أيضاً قسماً من مناطق سهل أمازونيا وسهل أركاديا والشمال الشاسع إضافة إلى فوهة ميلانكوفيتش الضخمة ذات قطر 118.4 كيلومتر.

2 أركاديا

أطلقت على هذا المقطع تسمية أركاديا نسبة إلى منطقة في جنوب اليونان تتميز مثله بكثرة الجبال. يحتوي مقطع أركاديا على منطقة (Tempe Terra) حيث تكثر الفوهات الصدمية والتشققات في القشرة الأرضية كما يضم ايضاً جبل ألبا، أكبر بركان في المجموعة الشمسية من حيث الحجم ومساحة السطح. يحتوي هذا المقطع على عدد من التضاريس المثيرة لاهتمام العلماء كسلسلة القنوات اليابسة التي قد تشير إلى تدفق المياه على الكوكب في الماضي القريب نسبياً.

مقطع بحيرة إسمينيوس والمقطع العربي



الصورة بتاريخ 16 أغسطس 2021

في الدورة 94 حول المريخ

مقطع بحيرة إسمينيوس

تعود تسمية مقطع إسمينيان إلى بحيرة بذات الإسم في اليونان ويقع هذا المقطع في النصف الشرقي من كوكب المريخ. يضم هذا المقطع أجزاء من السهول التالية: سهل بلانيتيا، أرض العرب، الشمال الشاسع، أرض سبأ، بالإضافة إلى هضبة ديوتيرونيلوس وهضبة بروتونيلوس اللتان تحملان كميات من الجليد إلى اليوم. وهناك آثار قنوات عديدة بالقرب من فوهة ليوه وهي أكبر فوهة في المقطع.

المقطع العربي

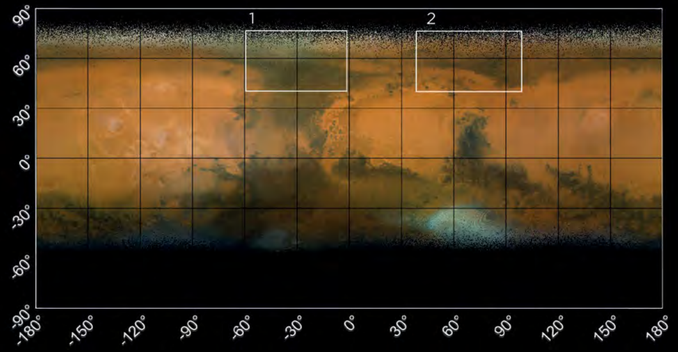
اختار عالم الفلك الإيطالي جوفاني سكاباريلي هذه التسمية لهذه المنطقة التي تقع في النصف الشمالي من كوكب المريخ بين المناطق المنخفضة شمالاً ومرتفعات الجنوب. يضم المقطع جزءاً من منطقة أرض العرب المرتفعة وأرض سبأ والقليل من سهل ميريدياني وتتميز الأراضي في هذا المقطع بالارتفاع وبكثرة الفوهات، وأبرزها فوهة كاسيني في الشمال الشرقي.

1 بحر أسيداليوم

تعود تسمية هذا المقطع إلى أسطورة إغريقية قديمة تروي قصة إلهة الحب فينوس ووصيفاتها الذين زاروا نافورة في مدينة بويوتيا اليونانية. يتضمن المقطع أجزاء من منطقة أرض تيرا، أرض العرب، وسهل كرايسي كما يتضمن الحدود بين المناطق المنخفضة الجنوبية والمرتفعات الشمالية، الأمر الذي قد يسير إلى كون الحدود كانت فيما سبق تشكل شاطئ محيطقديم في النصف الشمالي للقارة. من أبرز التضاريس نذكر وديان كاسي بطول 1580 كيلومتراً ومن الممكن أن تكون البقع الفاتحة اللون في الحقيقة براكين طينية.

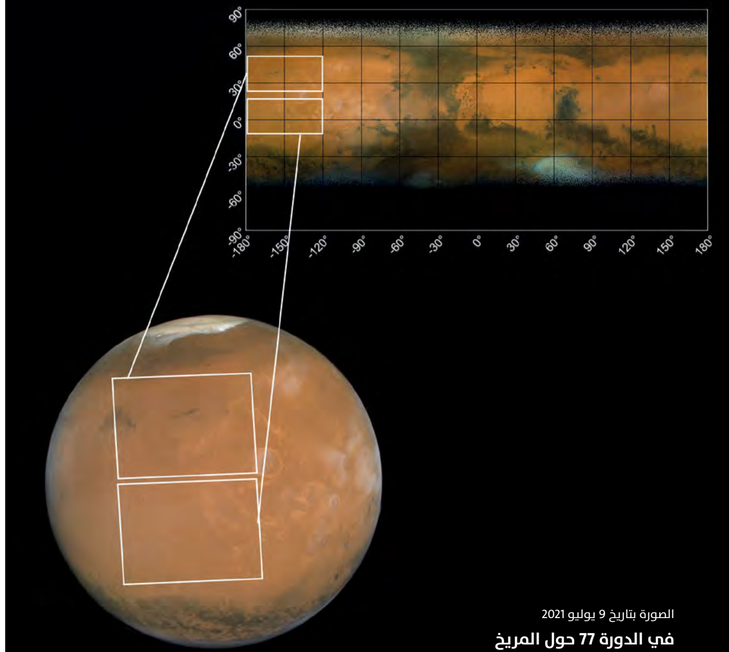
2 كاسيوس

تعود تسمية هذا المقطع إلى البطل كاسيوس في مصر وفقاً لعالم الفلك الإيطالي سكاباريلي الذي اختاره، متأثراً بالقصص التاريخية حول دحره لعدد من الجيوش التي غرقت في أهوار القصب المحيطة به. يقع مقطع كاسيوس في النصف الشمالي من الكوكب ويضم أجزاء من سهل أدوبيا وأرض سبا. يتميز المقطع بارتفاعه وبعدد التشكيلات اللامعة التي تشير إلى احتمال وجود الجليد على الأرض ومنها: وجود التعرجات النمطية في الأرض والتضاريس المتكهفة والفوهات التي تشير إلى اختراق طبقات الجليد من قبل مقذوف ما ووجود حلقات متعددة ذات مركز موحد في ذات الفوهة.



1 بحر أسيداليوم
2 كاسيوس

مقطع أمازونيس ومقطع ميمنونيا



الصورة بتاريخ 9 يوليو 2021

في الدورة 77 حول المريخ

أمازونيس

يتضمن مقطع أمازونيس بعضاً من أحدث مناطق كوكب المريخ وهناك القليل جداً من الفوهات في هذا المقطع. يتفرد هذا المقطع بوجود مغارات ميدوسا وسولكي التي لا يوجد لها مثيل في أي مكان آخر على الكوكب.

ميمنونيا

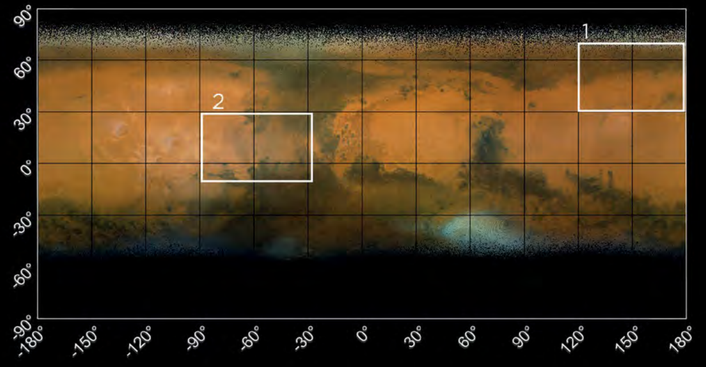
يحتوي هذا المقطع على عدد كبير من الوديان النهرية القديمة ومنها وادي مانغالا. نجد في الجزء الغربي من المقطع مناطق مرتفعة تكثر فيها الفوهات ذات مستويات متفاوتة من التآكل كما أن جدران وقاع فوهة كولمبس تتضمن طبقات صخرية ومن المتوقع أن انسياب المياه قد ساهم في إيداع هذه الطبقات خصوصاً وأن بعضها يحتوي على المعادن المهدرجة.

1 سيبرينيا

يقع مقطع سيبرينيا سيبرينيا ويضم قسما من مناطق سهل أدوبيا وسهل أركاديا. سمي المقطع كذلك نسبة إلى منطقة بالقرب من طروادة في اليونان. تتسم جغرافية المقطع بالانبساط بشكل عام ومن أبرز معالمه نذكر فوهة ستوكس وبركان هيكاتيز وجبال مونتيز وفوهة ميا الأكبر في المقطع بالقرب من موقع هبوط مركبة "فايكنغ 2" عام 1976.

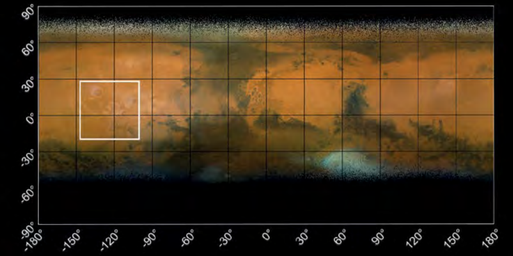
2 مقطع لونا بالوس

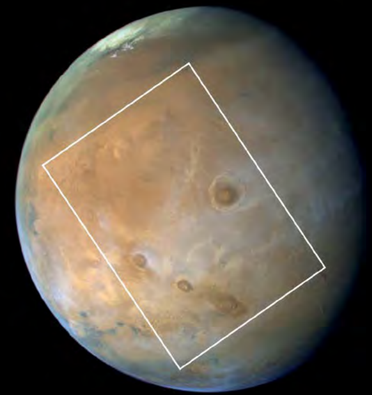
تكثر في هذا المقطع الوديان التي شقتها الأنهار قديماً، وهو يضم قسماً من مناطق سهل القمر وأرض زانثي وسهل كرايسي. تمتد سهول كاسي ضمن هذا المقطع بالإضافة إلى بحر أسيداليوم في تشكيل قناة مائية ضخمة. شهد مقطع لونا بالوس هبوط أول مركبة فضائية وهي مركبة "فايكنغ 1".



1 سيبرينيا
2 مقطع لونا بالوس

مقطع ثارسيس





الصورة بتاريخ 9 أغسطس 2021

في الدورة 91 حول المريخ

إن ثارسيس هو الاسم القديم لمنطقة بالقرب من مدينة ترشيش التاريخية ويقع المقطع في غرب كوكب المريخ.

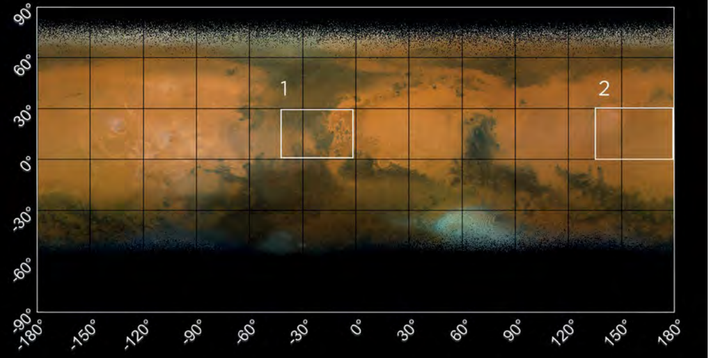
تقع في هذا المقطع هضبة ثارسيس حيث نجد ثلاثة من البراكين الدرعية الأربعة الكبرى على المريخ: جبل أولمبس وجبل أسكرايوس وجبل بافونيس. نجد في شمال وسط المقطع موقعاً آخر يثير الاهتمام وهو مغارات سيراونيوس.

1 مستنقع بالوس

يتضمن مقطع مستنقع بالوس أجزاء من مناطق أخرى كسهل كرايسي وأرض العرب وزانثي وأرض مارغاريتيفيروسهل ميريدياني وسهل بالوس. هبطت مركبة استكشاف المريخ "باثفايندر" هنا في 1997 ونفّذت عدداً من التحاليل للهواء والتربة والمناخ والطبيعة الجيولوجية للكوكب. يقسم المقطع إلى قسمين حيث يتّسم النصف الشمال-غربي بانبساط الأرض التي تتخللها القنوات المتجهة إلى حوض كرايسي، بينما تكثر الفوهات في القسم الجنوبي.

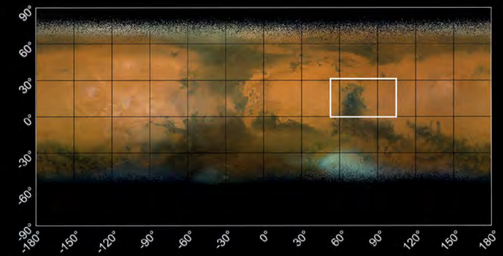
2 إيليزيوم

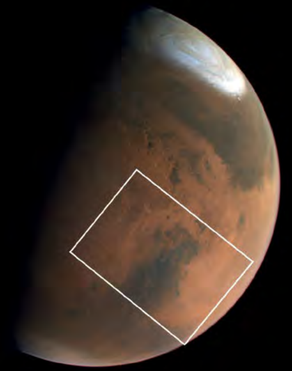
سمي هذا المقطع نسبة إلى الجنة في الإلياذة لمؤلفها هومير، ويضم مقطع إليزيوم عدداً من السهول، فهناك سهل إليزيوم في الشمال وسهل لوكوس على الحدود وقسم من منطقة مغارات ميدوسا. هبطت مركبة الفضاء "إنسايت" في جنوب هذا المقطع عام 2018 لاستكشاف الخصائص الجيوفيزيائية للكوكب. يتضمن المقطع بركان جبل إيليزيوم وتشكيل ألبور ثولوس ويظن العلماء أن وادي أثاباسكا هو من أحدث الوديان النهرية على الكوكب.



1 مستنقع بالوس
2 إيليزيوم

مقطع سيرتيس الكبير





الصورة بتاريخ 13 يونيو 2021

في الدورة 66 حول المريخ

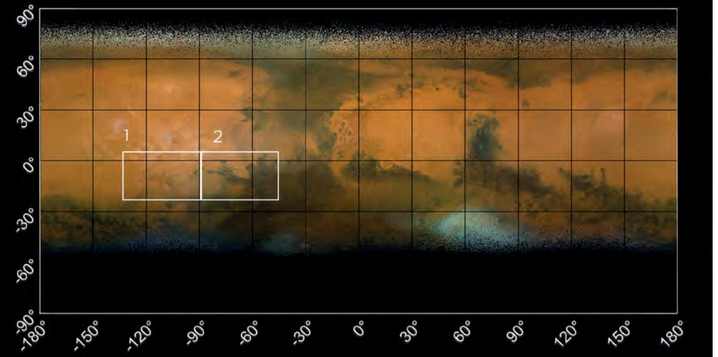
سمي المقطع نسبة إلى خليج سدرة على الساحل الليبي ويتكون هذا المقطع من سهل سيرتيس الكبير وبعضاً من أرض سبأ وسهل إيزيديس. يمكن تمييز هذا المقطع بسهولة نظراً لوضوح بقعة داكنة وتجد فيه فوهة ميروي البركانية وفوهة نيلي اللتان تتميزان عن بقية البراكين المريخية بانخفاض سطحيهما. هبطت مركبتا (بيرسيفيرينس وإنجنيويتي) في فوهة يزيرو في شهر فبراير 2021.

1 بحيرة العنقاء

تعود تسمية هذا المقطع إلى المخلوق الإسطوري الذي يعيش لمدة 500 عام فيحرق نفسه ليعود إلى الحياة ثانية. يتضمن هذا المقطع منطقة هضبة ثارسوس البركانية ويتضمن عدداً من البراكين منها جبل بافونيس وجبل أرسيا. يعتقد العلماء أن تلك البراكين كانت مغطاة بالجبال الجليدية ومن المحتمل أن هناك جبال جليدية تحت طبقة من الصخور، مما قد يوفر مصدراً للمياه لدى استيطان المريخ في المستقبل. من أبرز معالم المقطع نذكر سلسلة ضخمة من الوديان المتداخلة (متاهات نوكتيس).

2 كوبراتيس

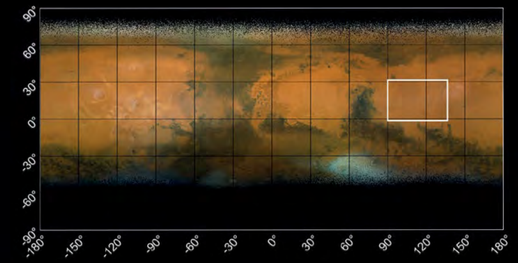
سمي هذا المقطع نسبة إلى هاوية كوبراتيز- أكبر وادي من نوعه في كوكب المريخ - في مركز منطقة وادي مارينيريس وهي منطقة تميّز المقطع بشكل عام. تشير التضاريس المختلفة من قنوات مائية ووديان نهرية وأحواض البحيرات إلى احتمال العثور على المياه في هذا المقطع.

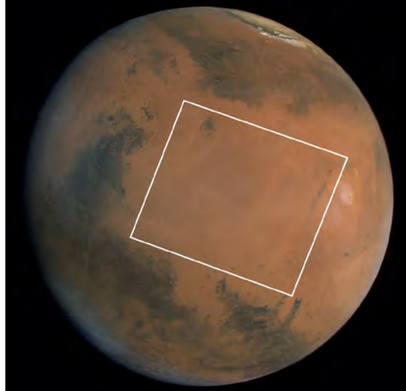


1 بحيرة العنقاء
2 كوبراتيس

مقطع أمنثيز

تعود تسمية هذا المقطع إلى أساطير المصريين القدماء التي تطلق هذا الإسم على أرض المحشر حيث تتجمع أرواح الخلائق. ومن أبرز مواقع هذا المقطع: سهل أدوبيا وسهل إيزيديس وأرض سيميريا وأرض تايرينا. ومن الجدير بالذكر أن مركبة استكشاف المريخ المدارية رصدت وجود كربونات المغنيزيوم في حوض إيزيديس مما يشير إلى أن المياه التي كانت موجودة لم تكن حمضية.



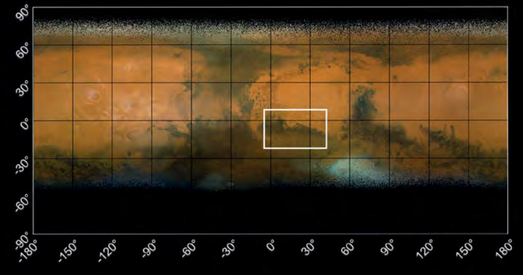


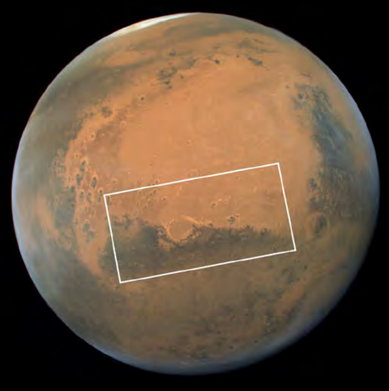
الصورة بتاريخ 2 أغسطس 2021

في الدورة 88 حول المريخ

مقطع جيب سبأ

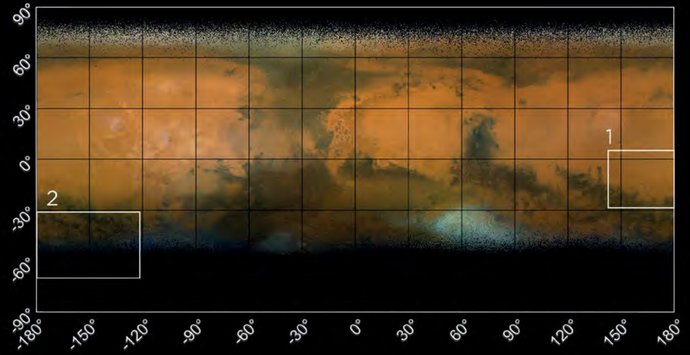
سمي هذا المقطع نسبة إلى ذلك الجزء من شبه الجزيرة العربية المشهور بوفرة البخور (خليج عدن) ويتضمن المقطع فوهة سكاباريلي الضخمة التي يمكن رؤيتها بوضوح بالقرب من خط الاستواء، بالإضافة إلى قسم من أرض نواكيس وأرض سبأ.





الصورة بتاريخ 4 يوليو 2021

في الدورة 75 حول المريخ



1 مقطع أيوليس
2 مقطع فيثونتيس

1 مقطع أيوليس

سمي هذا المقطع كذلك نسبة إلى أيولوس، إله الرياح في أساطير الإغريق. من أبرز معالم هذا المقطع فوهة غوسيف حيث هبطت مركبة سبيريت وفوهة غيل حيث هبطت مركبة كيوريوسيتي. أعتقد العلماء أن فوهة غوسيف هي بقايا بحيرة قديمة كون حدودها الجنوبية تمثّل امتداداً لوادي معادم النهري الشاسع ولكن يبدو أن قاع البحيرة مغطى بحمم البركانية المتحجرة. أما فوهة غيل التي تقع في الشمال الغربي من المقطع، فتتميز بوجود "جبل شارب" الذي يتكون من سلسلة طبقات صخرية بارتفاع يتراوح من 2 إلى 4 كيلومتر، وهو موقع مهم جداً لعلماء جيولوجيا المريخ وسمي كذلك نسبة إلى أحد رواد علم المريخ وهو الأمريكي روبرت شارب.

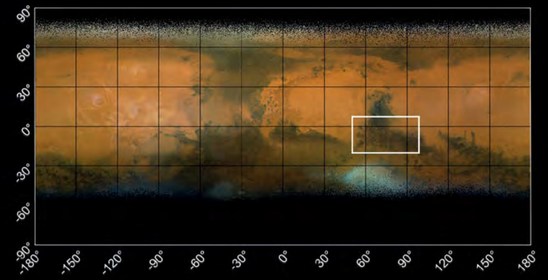
2 مقطع فيثونتيس

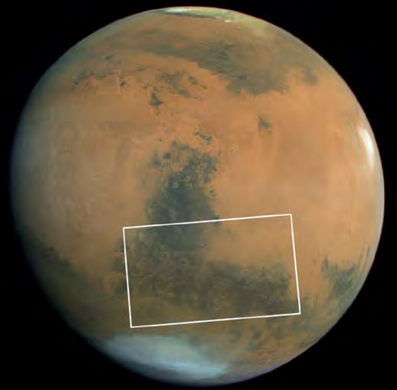
سمي هذا المقطع نسبة إلى أحد أبناء إله الشمس في أساطير الإغريق . يضم هذا المقطع عدداً كبيراً من القنوات المائية الضيقة المتقاطعة بالإضافة إلى سيرينوم حيث تكثر المعادن الطينية السامكتية التي تحتوي على الحديد والمغنيزيوم، كما أن منطقة إيلكتريس مغطاة بطبقة من الرواسب ذات اللون الفاتح إلى ارتفاع يتراوح من مئة متر إلى مئتي متر وهي تتميز بندرة الصخور.

مقطع آيابيغيا

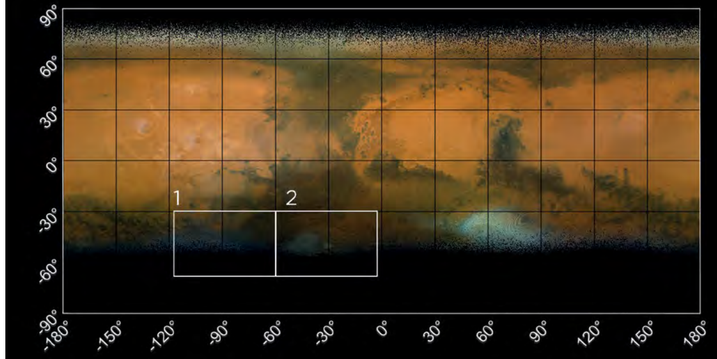
مقطع آيابيغيا

يتضمن هذا المقطع أجزاء من مناطق أرض تيرينا وأرض سبأ، بالإضافة إلى فوهة هاوخنز وهي الأكبر في المقطع. ومن أبرز المعالم الجديرة بالدراسة نذكر تشكيلات الألواح الصخرية التي تكونت بفعل التصدعات ضمن الكتل الصخرية الضخمة وترسب المواد الكربونية على حواف فوهة هاوخنز والطبقات الصخرية الظاهرة في بعض مناطق المقطع.





الصورة بتاريخ 14 أغسطس 2021
في الدورة 93 حول المريخ



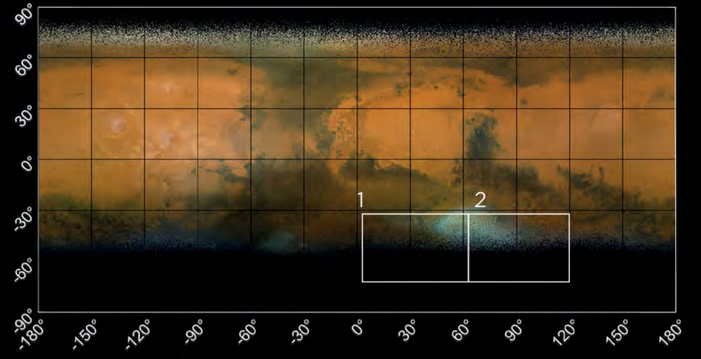
1 مقطع ثاوماسيا
2 مقطع آرغاير

1 مقطع ثاوماسيا

يستمد هذا المقطع اسمه من اسم إله البحر "ثاوماس" في الأساطير الإغريقية، ويتضمن عدة أجزاء من سهل سوليس وسهل إكاريا وأرض آونيا وسهل آونيا وسهل اليوسفور وسهل ثاوماسيا. وفي هذا المقطع بالذات حددت أولى مركبات الاستكشاف وجود وادي واريغو وهو من أول شبكات القنوات الكبيرة التي ثبت وجودها على سطح المريخ. تعتبر هذه القنوات التي تشق طريقها عبر سطح الوادي شاهداً تاريخياً على وجود الماء على المريخ في الماضي السحيق.

2 مقطع آرغاير

سمي هذا المقطع نسبة إلى جزيرة تقع في نقطة التقاء نهر الغانج مع المحيط الهندي، ومن معالمه نذكر فوهة غالي التي تشبه وجهاً باسماً وحوض آرغاير الضخم الذي نتج عن ارتطام هائل. وقد اكتشف العلماء ان الحفر المتعددة في فوهة هيل قد تشكّلت نتيجة سقوط الركام المتوهج على أسطح جليدية، الأمر الذي يؤدي إلى إسالة الماء وتبخره على شكل أعمدة من البخار الذي يقذف الركام لمسافات كبيرة.



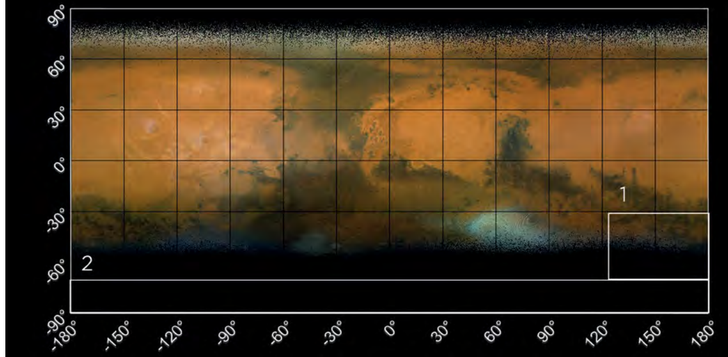
1 مقطع نواكيس
2 مقطع هيلاس

1 مقطع نواكيس

يقع هذا المقطع بين حوض آرغاير الصدمي وحوض هيلاس الصدمي، ويتكون من أرض نواكيس والنصف الغربي من سهل هيلاس. تعود تسمية هذا المقطع نسبة إلى سيدنا نوح عليه السلام إلى قدم تضاريس هذا المقطع الذي تكثر فيه الفوهات الصدمية، كما أن فترة نواكيس هي من أولى الفترات في تاريخ الكوكب. ولا زال العلماء يكتشفون فوهات قديمة لدرجة أن ملامحها قد اختفت تقريباً تحت طبقات من التضاريس حديثة التشكّل.

2 مقطع هيلاس

من أبرز معالم مقطع هيلاس نذكر سهل هيلاس وأرض بروميثاي، وقد اكتشف العلماء مؤخراً معالم وادي داو الضخم ووادي نيجير ووادي هارماخيس ووادي ريول، وكلها وديان أنهار من المرجح أنها ساهمت في تشكيل بحيرة في حوض هيلاس في الماضي البعيد. وفي العديد من المناطق نجد شواهد على زحف الجبال الجليدية عبر الأرض إضافة إلى علامات تدل على وجود الجليد تحت الأرض.



1 مقطع أريدانيا
2 مقطع بحر أستراليا

1 مقطع أريدانيا

يضمن هذا المقطع معظم مساحة منطقة أرض سيميريا والمقطع بشكل عام تغطيه طبقة من الترسبات فاتحة اللون بعمق يتراوح ما بين مئة متر إلى مئتي متر يميز منطقة إلكتريس. تظهر في هذا المقطع آثار قنوات عميقة من الأرجح أن المياه الجارية تسببت بحفرها في المنحدرات الصخرية.

2 مقطع بحر أستراليا

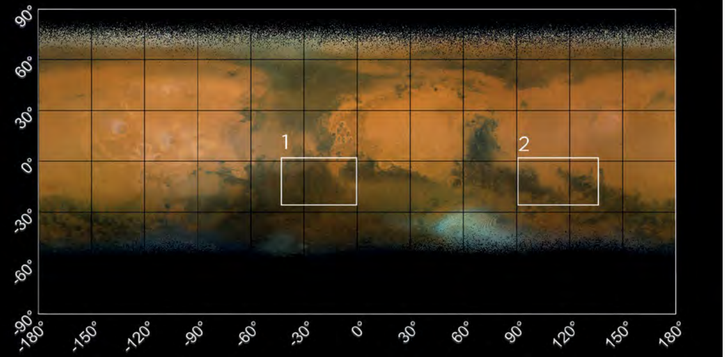
سمى هذا المقطع نسبة إلى الإسم القديم للمنطقة المحيطة بالقطب الشمالي للكوكب وهو يعني سهل أستراليا، وقد يتضح أن هضبة الفضة التي تقع ضمن المقطع تتكون من كتلة ضخمة غنية بالجليد. رصد العلماء وجود سلسلة من القنوات المتفرعة الملتوية في هذا المقطع، وهي ظاهرة معروفة تدل على جريان الجداول تحت الجبال الجليدية. يضم المقطع أيضاً متاهة أغسطس وهي منطقة كبيرة من الوديان والقنوات المتداخلة التي تعرف أيضاً بإسم "مدينة الإنكا".

1 مقطع جيب مارغاريتيفر

يعني هذا الإسم "خور اللؤلؤ" وتعود تسمية هذا المقطع إلى منطقة على ساحل جنوب الهند يكثر فيها محار اللؤلؤ. يتكون هذا المقطع من أرض مارغاريتيفر وأرض زانثي وأرض نواكيس وأرض العرب وسهل ميريدياني. نجد في هذا المقطع العديد من الشواهد التاريخية التي تؤكد وجود المياه سابقاً ومنها البحيرات وتشكيلات الدلتا والأنهار القديمة والقنوات ومواقع انبعاث المياه. ويتمتع هذا المقطع بوجود عدد من أطول سلاسل البحيرات مثل سلاسل سامارا-هيميرا وبارارا-لوار نظراً لتمتعه ببيئة تكثر فيها المياه سواء كانت مياه جوفية أو من مصادر أخرى.

2 مقطع بحر تيرينيوم

أطلق عالم الفلك الإيطالي جوفاني سكاباريلي هذه التسمية على المقطع نسبة إلى بحر تيرينيوم في الساحل الغربي لإيطاليا. يضم هذا المقطع جبل تيرينيوس البركاني وهو من أقدم البراكين على الكوكب إضافة إلى أقدم فوهة في المقطع وهي فوهة هرشل ووادي ليكوس وجبال آوسونيا.



1 مقطع جيب مارغاريتيفر
2 مقطع بحر تيرينيوم

السهل الشمالي (القطب الشمالي)

يتكوّن السهل الشمالي من منخفض منبسط وشاسع يحيط بالقطب الشمالي ويمتد جنوباً لمسافة حوالي 1500 كيلومتر، فيغطي نسبة كبيرة من مساحة النصف الشمالي للكوكب.

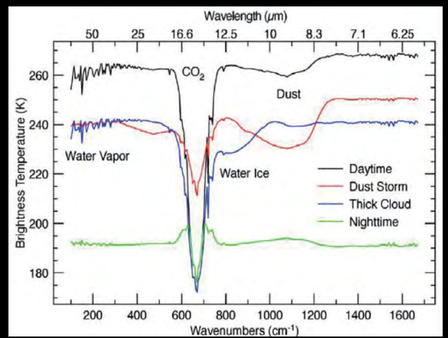
من أبرز معالم السهل الشمالي هي الهاوية الشمالية وهي صدع ضخم في طبقة الجليد بعمق 2 كيلومتر وبطول حوالي مئة كيلومتر.

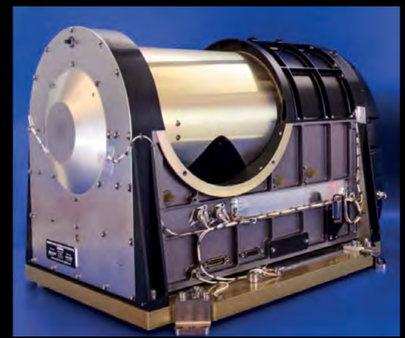
الصورة بتاريخ 24 أبريل 2021
في الدورة 44 حول المريخ

07

جهازي مقياس الأشعة الطيفية

تحت الحمراء وفوق البنفسجية (EMIRS و EMUS)





مقياس الطيف للأشعة تحت الحمراء ونطاقات عمله ضمن الأطياف الإشعاعية
(المصدر: كريستوفر أدواردز وفريق عمله 2021)

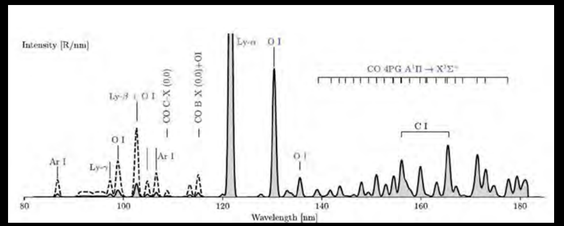
جهاز مسح الطيف الحراري للأشعة تحت الحمراء EMIRS

يعمل مقياس طيف الأشعة تحت الحمراء بناء على معادلة تحويل فورييه وضمن نطاق 6 إلى 100 نم فما فوق، مع القدرة على تحليل العينات الطيفية بمقاس 5 سم$^{-1}$ و10 سم$^{-1}$.

يجمع المقياس بين مزايا التغطية الواسعة ومتطلبات الأداء العالي لما يتميز به من زاوية تصوير واسعة تصل إلى حوالي 5.4 ميليراد، مما يسمح برصد درجات الحرارة على سطح كوكب المريخ بدرجة عالية من الدقة وبتفاوت لا يفوق درجتي كيلفن كحد أقصى.

يكمل مقياس الأشعة فوق الحمراء عمل كاميرا الاستكشاف فهو مخصص لجمع البيانات من الطبقات الدنيا من الغلاف الجوي للكوكب إضافة إلى السطح ودرجات الحرارة في الغلاف الجوي باستبانة عمودية تبلغ حوالي عشرة كم لتحقيق الأهداف العلمية التالية:

I. تحديد طبيعة الظروف الجوية ثلاثية الأبعاد وتغيّراتها على مدار الساعة للخمسين كيلومتراً فوق سطح الكوكب مباشرة
II. تحديد التغيّرات اليومية والجغرافية للمكونات الأساسية ضمن هذا النطاق، وهي الغبار والمياه المتجمدة والبخار وثاني أوكسيد الكربون



مقياس الطيف للأشعة فوق البنفسجية ونطاقات عمله ضمن الأطياف الإشعاعية
(المصدر: هولزكلو وفريق عمله 2021)

مقياس الطيف للأشعة فوق البنفسجية EMUS

تتضمن أجهزة كاميرا الاستكشاف مقياساً طيفياً ثانياً وهو مصمم لرصد الأشعة فوق البنفسجية وبذلك يستخدم لقياس المتغيرات في الطبقات العليا من الغلاف الجوي لكوكب المريخ نظراً لقدرته على رصد الأشعة ضمن نطاق 100 إلى 170 نانومتر (نم) وتعدد الفتحات التي تمكنه من توفير قياسات بدقة 1.3 نم و 1.8 نم.

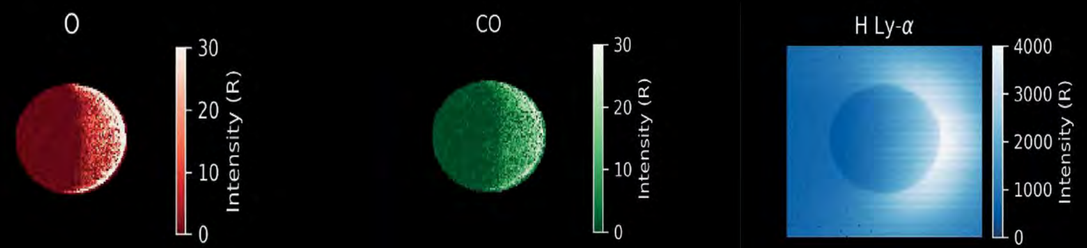
صمم الجهاز لرصد الظواهر ضمن نطاق عمل واسع من الغلاف الجوي لكوكب المريخ، بما في ذلك توهج الأشعة دون البنفسجية لانبعاثات الغازات من الغلاف الحراري (ما بين 100 إلى 200 كم) وهي الهيدروجين والأوكسجين وثاني أوكسيد الكربون، إضافة إلى رصد انبعاثات الهيدروجين والأوكسجين المقيّد من الغلاف الخارجي للمريخ (من ارتفاع 200 كم فما فوق)، وانبعاثات الهيدروجين والأوكسجين وثاني أوكسيد الكربون

يساهم رصد هذه الظواهر في:

I. تحديد وفرة العناصر الاساسية (الهيدروجين والأوكسجين وثاني أوكسيد الكربون) في الغلاف الحراري والتغييرات التي تطرأ على ذلك بمرور الوقت وحسب الموقع الجغرافي

II. تحديد وفرة عناصر الهيدروجين والأوكسجين في الغلاف الخارجي ومواقع كثافتها والتغييرات التي تطرأ على ذلك بمرور الوقت

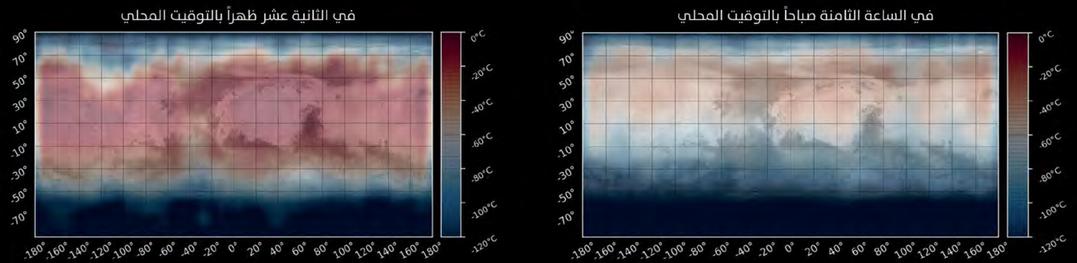
الوهج النهاري للأشعة فوق البنفسجية لكوكب المريخ كما رصده جهاز مسح الطيف الحراري للأشعة فوق البنفسجية (EMUS) يوم 24 أبريل 2021



قياس انبعاثات الوهج النهاري للأشعة فوق البنفسجية لعناصر الهيدروجين (H) والأوكسجين (O) وثاني أوكسيد الكربون (CO)، مما يوضح توزيع العناصر ضمن الغلاف الحراري للمريخ والطبقة السفلى من الغلاف الخارجي.

معدل درجة الحرارة على سطح كوكب المريخ في شهر يوليو 2021

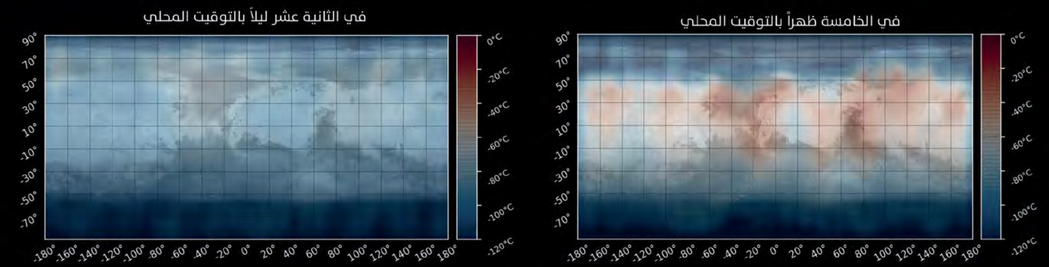
حسب بيانات جهاز مسح الطيف الحراري للأشعة دون الحمراء (EMIRS)



ملاحظة: درجات الحرارة الموضحة هي القياسات الإسمية حسب بيانات جهاز مسح الطيف الحراري للأشعة دون الحمراء (EMIRS)

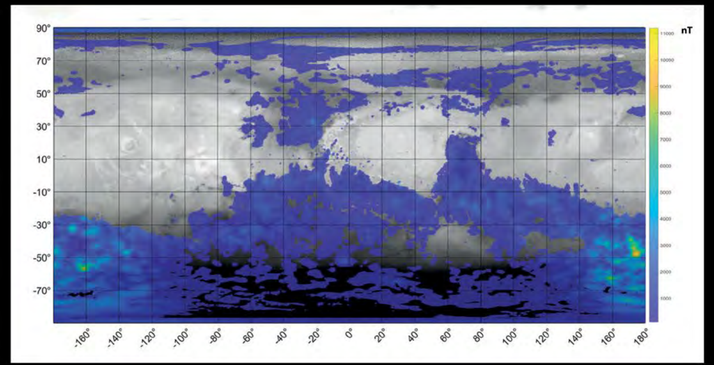
معدل درجة الحرارة على سطح كوكب المريخ في شهر يوليو 2021

حسب بيانات جهاز مسح الطيف الحراري للأشعة دون الحمراء (EMIRS)



ملاحظة: درجات الحرارة الموضحة هي القياسات الإسمية حسب بيانات جهاز مسح الطيف الحراري للأشعة دون الحمراء (EMIRS)

المجال المغناطيسي لسطح كوكب المريخ



يوضح الشكل أعلاه قوة المجال المغناطيسي المتوقعة بدقة 4 بيكسل لكل درجة وفقا لمقياس لانغليه 2019، مع استبعاد البيانات التي تظهر قوة دون 250 نانو تسلا. ويتكون الشكل المركب من بيانات الحقل المغناطيسي وخريطة كوكب المريخ المجمعة من بيانات منظومة التصوير.

تشكيل الخرائط

أسلوب العمل: إسقاط روبينسون

نعتمد في هذا الأطلس على الصور التي التقطت من ارتفاع يسمح بإظهار القرص الكوكبي بأكمله، وتصنيفها حسب المساحة المضاءة بناء على نسبة القرص الظاهر في الصورة سواء كان القرص ظاهراً بأكمله أو معظمه أو تظهر أقل من النصف، قبل الاستغناء عن الصور من الصنف الأخير. وفي المرحلة الثانية حدد فريق العمل إحداثيات الصور ودقة وضوحها على ارتفاع الصفر. أدناه نماذج للفئات الثلاثة من الصور حسب المساحة المرئية للقرص الكوكبي.

ولمعالجة الصور، بدأ فريق العمل بتعديل نطاق الدقة إلى ما بين صفر وواحد، لضمان التناسق والحد من الاختلافات التي يسببها اختلاف الارتفاع. باشر فريق العمل بفرز الصور لاستثناء تلك التي ينخفض فيها الوضوح أو إضاءة المعالم الجغرافية، قبل الانتقال إلى الصور من الفئة الثانية وتطبيق نفس الإجراءات، مع أن هذه الفئة شكّلت تحدياً أكبر نظراً لعدم ظهور كامل القرص الكوكبي. اعتمد فريق العمل على هذه الشروط كونها تشكّل أساساً جيداً للعمل مع أنها ليست مثالية.

إعتمد فريق العمل إسقاط روبينسون بديلاً للإسقاط الإسطواني لما يتميز به من تناسب وواقعية في المناطق البعيدة عن خط الاستواء، وقاموا بحساب الإحداثيات وفقاً للعملية التالية:

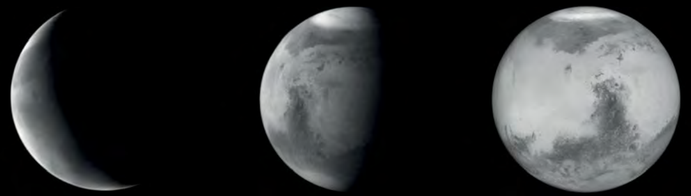
$x=0.8787RX(\lambda-\lambda 0)$ ($y=1.3523RY$

(المصدر: إيبوكر ، عام 2005 تقريباً)

حيث يشير الرمز R إلى نصف قطر الكوكب حسب مقياس الخريطة، والرمزان X و Y يشيران إلى مقياس إسقاط روبينسون، أما الرمز λ (لامدا) فيشير إلى خط الطول بمقياس الراديان ويشيرالرمز λ0 إلى خط الطول المرجعي بمقياس الراديان.

بعد تحديد قيمة X و Y ومقياس البيكسل، بدأ فريق العمل بتشكيل الخريطة وذلك بتحويل الإحداثيات مع دمج الصور في حالة تداخل الإحداثيات. وفي ذات الوقت عملوا على تجميع خريطة توثّق حساب البيكسل المساهمة في كل إحداثية، قبل استخدام هذا الرقم المرجعي للحصول على المعدل العام. وتعتمد هذه الطريقة على تعدد البيانات لنفس الموقع الجغرافي بفضل تكرار عمليات المسح من ارتفاعات وزوايا مختلفة مما يضمن دقة الصورة النهائية. ومن المتوقع أن الأطلس سيزداد دقة ووضوحاً كما سيزداد الترابط بين كل بيكسل والثانية مع تزايد الصور والبيانات التي يرسلها المسبار إلى العلماء بمرور الزمن.

أمثلة للفئات الأولى والثانية والثالثة من الصور التي التقطها جهاز التصوير باستخدام القناة الحمراء



الفئة الأولى: مقياس البيكسل من 0.1 إلى 0.9

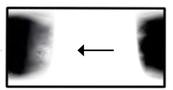
الفئة الثانية: مقياس البيكسل من 0.5 إلى 0.9

الفئة الثالثة: أقل من نصف القرص

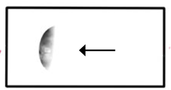
أسلوب تشكيل: الإسقاط الإسطواني

تطلب تشكيل الخريطة بالإسقاط الإسطواني عدداً من الإجراءات تبدأ بتحويل بيانات كاميرا الاستكشاف إلى خريطة منبسطة مقسمة إلى 180 درجة في 360 درجة مستغلين بذلك إحداثيات الطول والعرض لكل وحدة بيكسل في القنوات الحمراء والخضراء والزرقاء، مع التحقق من توحيد الارتفاع على مستوى الصفر أي أنها مركزة على سطح القرص الكوكبي. يوضّح الشكل أدناه نتائج هذه الخطوات. يمر المسبار فوق مناطق مظلمة جزئياً من كوكب المريخ حسب موقعه بالنسبة للشمس، ولهذا تطلب الأمر إضافة خطوة أخرى لمعالجة البيانات واستخدام الصور التي تتمتع بزاوية تعامد مع الشمس ما بين 23 درجة و55 درجة، وقد تحقق الفريق من فعالية اعتماد هذا النطاق بعد اختبار 20 صورة وتقليل عدد وحدات البيكسل المظلمة أو زائدة التشبع بالضوء.

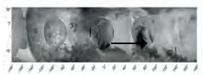
الصورة الأصلية



الخريطة المنبسطة



توحيد الارتفاع



الصور المدمجة

لاحظ فريق العمل أن الصور التي التقطتها كاميرا الاستكشاف تختلف من واحدة إلى أخرى من حيث الارتفاع وزاوية التعامد مع الشمس، مما تسبب بوجود اختلافات واضحة في الخريطة المنبسطة وتفاوت في الإضاءة وفي وضوح المعالم، أدّت إلى تشكّل حدود بارزة بين الصور. وقد بادر فريق العمل إلى معالجة التفاوت باتخاذ الخطوات التالية:

الأسلوب 1: تعلّم الآلة
حدّد فريق العمل نسبة التداخل بين حدود الصور المتجاورة، قبل المباشرة ببرمجة حاسب آلي شبكي لحساب معادلة تصحيح لهذه الاختلافات وتحديد قيمة وحدات البيكسل غير الواضحة بناء على القيم الصحيحة في مناطق التداخل.

الأسلوب 2: التشبيه الدقيق لوحدات البيكسل
قسّم فريق العمل الخريطة بأكملها إلى مربعات تتكون من أربع وحدات بيكسل لكل منها، قبل مقارنة المربعات واحدا تلو الآخر بالمربع المجاور لتحديد مدى التعديل المطلوب لتوحيد مستوى الإضاءة اللازم لتوحيده على مستوى المربعات كلها دون التضحية بمستوى الدقة.

شكر وتقدير

نتوجه بالشكر إلى فريق العمل في مشروع الإمارات لاستكشاف المريخ لما أبدوه من تعاون ولما وفروه من صور، وقد وفّر مركز البيانات العمية كل البيانات في هذا الأطلس. ساهمت كل من جامعة نيويورك أبوظبي بدعم هذا العمل من خلال منحة الأبحاث (G1502) ومجلس أبحاث التكنولوجيا المتقدمة من خلال منحة أسباير للتميّز البحثي (G1560). اعتمدنا على أجهزة الحاسوب فائق السرعة في جامعة نيويورك أبوظبي لمعالجة البيانات وتحويلها إلى صور. كما نتقدم بالشكر إلى الأستاذ ك. ر. سرينيفاسان تقديراً له لما أبداه من دعم وتشجيع خلال عملنا على هذا المشروع.