المساعدة على إبقاء رواد الفضاء سالمين باستخدام المحاكاة والتصورات



تذكر فيلمك المفضل عن رواد الفضاء والسفر الفضائي: العد التنازلي الدرامي للإقلاع، والدخان المتصاعد وألسنة اللهب عند اشتعال محركات الصاروخ وارتفاع المركبة، والضجّة والهدير داخل كبسولة الطاقم.

إذ ينتج علماء الأبحاث في قطاع الحوسبة الخارقة المتقدمة **NASA Advanced Supercomputing Division** (اختصار القطاع: **NAS**) التابع لناسا في الحياة الواقعية محاكاة وتصورات بتفاصيل دقيقه للمحافظة على سلامة رواد الفضاء خلال عملية إقلاع مركبة طاقم أورايون متعددة الأهداف التابعة لناسا، التي سوف تنقل البشر بين الكواكب إلى وجهات كالقمر، وفي نهاية المطاف المريخ وإعادتهم بسلام إلى الأرض.

وتستخدم تقنيات المحاكاة المتطورة والحديثة لعلماء قطاع **NAS** لتوقع الاهتزازات على مركبة إلغاء الإقلاع الخاصة بالمركبة الفضائية أورايون، جزء من نظام إلغاء إقلاع **Orion Launch Abort System** (اختصارًا: نظام إلغاء إقلاع **LAS**)، والمصمم ليحمل الطاقم بعيدًا عن المركبة الفضائية إذا ظهرت مشكلة على منصة الإقلاع بعد الاشتعال أو خلال الصعود.

فيديو من محاكاة إلغاء إطلاق مركبة أورايون Orion Launch Abort Vehicle التي سوف تنقل رواد الفضاء لبر الأمان في حال حدوث أعطال أثناء الإقلاع.

يبدأ سيناريو الصعود الملغي هذا (0.3 أجزاء من الثانية في الزمن الفعلي) باشتعال محركات الإلغاء، حيث يُفعّل نظام الإلغاء عندما تسافر المركبة بسرعة تقارب سرعة الصوت. يُبطِئ الفيديو عندما تصبح ظروف التدفق قاسيةً بشكلٍ خاص. تُشير أعمدة الدخان الملونة إلى الضغط العالي (بالأحمر) والضغط المنخفض (بالأزرق).

كل (بكسل) يتغير بمرور الوقت من الأزرق إلى الأحمر (وبالعكس) مُرتبط بموجات الضغط التي تسبب اهتزازات على المركبة (بالأبيض). المناطق التي يتغير فيها اللون بشكل مفاجئ في المكان، لكن تبقى ثابتة بمرور الوقت، تشير إلى وجود الموجات التصادمية. **Timothy Sandstrom, NASA/Ames**.

إذ تُشغَّل محاكاة التدفق لسيناريوهات إلغاء المنصة والصعود الخاصة بأورايون، على الحواسيب الخارقة بلايديس **Pleiades**، حيث تؤثر بشكلٍ مباشر على تصميم المركبة الفضائية لتزيد من سلامة الرواد وتقلل من عدم اليقين مع إبقاء تكاليف ووزن مركبة الإلغاء منخفضين. يقول فرانسوا كاديو **Francois Cadieux**، عالم أبحاث في قطاع **NAS** بفرع علوم الطيران الحاسوبية **Computational Aerosciences Branch**: "هذه من المرات الأولى التي تُستخدم فيها تقنيات من المحاكاة العكسية الكبيرة **Large Eddy Simulation** (اختصارًا: المحاكاة **LES**) في التحليل والتصميم الشامل للمركبة الفضائية في ناسا. أنا متحمسٌ لألعب دورًا في مشروع الوكالة القادم في الاكتشاف البشري الكبير للفضاء،

يوصل هذا العمل المحاكاة **LES** إلى نقطة تستطيع من خلالها تقديم توقعات دقيقة خلال وقت قصير لتوجيه تصميم أورايون". وقد حدّوا فيما سبق من استخدام أدوات ذات الدقة في المجال، وبدلًا من ذلك فقد أحيلت للاستخدام في الأبحاث الأكاديمية فقط. وبمساعدة مايكل باراد **Michael Barad**، مطوّر برنامج **LAVA**، أنتج كاديو العديد من المحاكاة المُعالِجة للاضطرابات المتعلقة بديناميكا السوائل الحاسوبية **Computational Fluid Dynamics** (اختصارها: محاكاة **CFD**) باستخدام برنامج الصعود عند الإقلاع والديناميكا الهوائية للمركبة **Launch Ascent and Vehicle Aerodynamics**(اختصارًا: البرنامج **LAVA**) المُطوّر داخليًا في قطاع **NAS**.

وبعدها ساعد خبراء التصوّر في **NAS** الباحثين في تحديد الأنواع المختلفة للدوامات، التي تكون غالبا مصدرًا للتشويش والاهتزاز في المركبات الفضائية. 350 مليون درجة من الحرية من أجل توقّع فيزياء التدفق حول مركبة إلغاء الإقلاع، تُحلّ معادلات نافييرـ ستوكس **Navier-Stokes** بمجموعة من 350 مليون مكعبٍ في محاذاة بعضهم البعض، تتراوح أحجامهم من سنتيمترات إلى أمتار، حيث تُغطي كل إنش مربع من المركبة والمحيط المباشر حولها. إذ يتكيّف موقع هذه المكعبات أثناء تقدم المحاكاة، من أجل تجميعها بشكلٍ مستمر في المناطق الحرجة حيث الدوامات وأمواج الضغط موجودة.

يقول باراد: "يتيح استخدام التكيف التلقائي المبني على المكعبات أداءً فائق الدقة لمحاكاة التدفقات بعيدًا عن الأجسام المعقدة، مع الحد الأدنى من جهد المستخدم". وقد أنتج كاديو مثل هذه المحاكاة من الاختبار الأرضي لمحرك إلغاء أورايون، **Qualification Motor 1** (اختصارًا: المحرك 1ـ**QM**)، وثلاثة سيناريوهات لإلغاء الإقلاع.

وقد ساعدت نتائج محاكاة المحرك QM-1 ومنصة نظام إلغاء إقلاع **LAS** مهندسي ناسا على فهم كيفية تغير مستويات الاهتزاز عند الأخذ بعين الاعتبار سطح مركبة الطاقم، التي كانت غائبة في الاختبار الأرضي، لكن موجودة في محاكاة نظام إلغاء إقلاع **LAS**.

وقد وفّرت محاكاة إلغاء الإقلاع تحت الصوتية وفوق الصوتية بعد ذلك نظرة عميقة في كيفية تغير مواقع العبور الأقصى (قصيرة الأجل) والأحمال الاهتزازية، وكيفية انخفاض الاهتزازات فوق غالبية المركبة عند ازدياد كلٍّ من سرعتها وارتفاعها. وتنبّأت محاكاة كاديو حمولة العبور الأقصى لاختبار المحرّك 1ـ**QM** الذي تطابق بشكلٍ كبيرٍ مع التجارب، كما توافقت الأحمال الاهتزازية المحاكاة ضمن حدود 2% من الاهتزازات المقاسة، وقد أعطت هذه النتائج المهندسين ثقةً في قدرات البرنامج **LAVA** على محاكاة الفيزياء المعقدة بدقةٍ أثناء العمل في سيناريوهات إلغاء الإقلاع.

أهمية الحواسيب الخارقة استهلكت محاكاة كاديو ما يقارب 2.5 مليون ساعة من وقت المعالجة على الحواسيب الخارقة بلايديس **Pleiades** في السنه الماضية، وأنتجت ما يقارب 700 تيرابايت، 700 ترليون بايت من البيانات، محفوظة في أنظمة تخزين في منشأة **NAS**.

يقول سيتن كيريس **Cetin Kiris**، رئيس قسم علوم الطيران الحاسوبية، الذي يُشرف على قطاع **NAS** لعلوم الطيران وجهود بحث ديناميكا السوائل الحاسوبية **CFD** ومُتَبنٍ لإطار عمل برنامج **LAVA**: "الحواسيب الخارقة بلايديس ضرورية جدًا لتشغيل محاكاة النطاق الواسع هذه، وتخزين البيانات، والمعالجة البعدية للبيانات لإيصال منتجات بيانية ذات معنى.

إنّ تصميم مركبة الإقلاع للصمود أمام أسوأ سيناريو ممكن هو أمرٌ أساسي، وتساعدنا محاكاة برنامج **LAVA** المشغلة على الحواسيب الخارقة بلايديس على التوقع بدقه وفهم كيفية تغير المستويات الاهتزازية عند إضافة سطح مركبة الطاقم، كما تساعد مهندسي التصميم على تصميم شكل المركبة النهائي".

التصورات تحسّن الفهم صنع خبراء تصور قطاع **NAS**، باستخدام بيانات محاكاة كاديو، سلسلةً من الأفلام والصور عالية الدقة تكشف

تفاصيل تدفق جديدة، التي حسّنت بشكل أعمق فهم العلماء لديناميكا التدفق في دخان محرك إلغاء الإقلاع.

يقول كاديو: "من هذه التصورات، نحن قادرون على تحديد مناطق الأحمال الاهتزازية العالية على المركبة وبالتالي مصادرها. ما تعلمناه هو أنّ الضجّة الناتجة من اضطراب عمود الدخان هي فعليًا أعلى من أي ضجة متولدة من التفاعل مع الموجات التصادمية المرفقة". ويستمر طاقم قطاع **NAS** بتشغيل تصورات ومحاكاة لسيناريوهات إلغاء الإقلاع من زوايا هجوم مختلفة، وقد استُخدمت حديثًا بياناتٌ من اختبارٍ أُجري في الخطة (**11–ft 11 by**) الوحدوية للنفق الهوائي **Unitary Plan Wind Tunnel** في مركز أبحاث أميس بناسا.

يقول كاديو: "لا نزال جميعًا نطرح العديد من الأسئلة، من مثل، كيف تتغير الأحمال على السطح في برنامج **LAVA** عند زوايا هجومية أعلى؟ كيف نستخدم البيانات من اختبارات النفق الهوائي على أفضل وجه للتنبؤ بأحمال ظروف طيران فعلي حيث تتسارع المركبة ؟".

وسوف تُستخدم الإجابات في السلسلة القادمة من الاختبارات الأرضية واختبارات نموذج الطاقم واختبارات الرحلة الأساسية للتجهيز للإقلاع الفعلي، أول رحلة مجهزة بطاقم للمركبة أورايون هي حاليًا مجدولة للإطلاق في 2023.

نُفِّذت أعمال المحاكاة بالتعاون مع فريق ديناميكا وأحمال أورايون التابع لناسا **NASA Orion Loads and Dynamics**، بقيادة كوين جونز **Quyen Jones**، وخبراء الصوتيات الاهتزازية جايانتا باندا **Jayanta Panda** وفنسنت فوت **Vincent Fogt** وكينيث فيوريللي **Kenneth Fiorelli**.

تعاملت ناسا مع شركة لوكهيد مارتن **Lockheed Martin**، المقاول الرئيسي لتصميم المركبة الفضائية أورايون ونظامها لإلغاء الإطلاق. وفّر فريق التصميم في أوربيتال أي تي كاي **Orbital ATK** البيانات عن المحركات الإلغاء.

- التاريخ: 2018-12-27
- التصنيف: تكنولوجيا الفضاء

#السفر في الفضاء #رواد الفضاء #تكنولوجيا الفضاء

المصادر

- NASA

المساهمون

- ترجمة
  - مجد مراود
- مُراجعة
  - مي منصور بورسلي
- تحرير
  - رأفت فياض
- تصميم
  - عمرو سليمان

- نشر
  - يقين الدبعي