

ИССЛЕДОВАНИЯ В КОСМОСЕ: ОЦЕНКА МЕСТА ПОСАДКИ ДЛЯ ДАЛЬНЕЙШЕГО ИССЛЕДОВАНИЯ МАРСА

По мере того, как человечество осваивает космос, планета Марс становится ключевой целью. Выбор правильных посадочных площадок имеет решающее значение для успеха и безопасности миссии. Эта статья посвящена исследованию потенциальной посадочной площадке на Марсе Oxia Planit. Используя данные с высоким разрешением, исследователи изучают особенности рельефа и свойства поверхности Oxia Planit. Передовые методы геоинформационных систем (ГИС), такие как картографирование высот и контурный анализ, проливают свет на его пригодность в качестве посадочной площадки. Исследование выявило различные геологические особенности, включая древние русла рек и ударные кратеры, что создает проблемы, но также открывает научные возможности.

Исследование Марса, Oxia Planit, анализ места посадки, геологические особенности, топология поверхности, планирование миссии.

EXPLORATORY INSIGHTS IN SPACE: LANDING SITE EVALUATION FOR ADVANCING MARS EXPLORATION

As human exploration of space advances, Mars emerges as a key target. Selecting the right landing sites is crucial for mission success and safety. This paper focuses on Oxia Planum, a potential landing area on Mars. Using high-resolution data from NASA, the study examines Oxia Planum's terrain features and surface properties. Advanced Geographic Information System (GIS) techniques, like elevation mapping and contour analysis, shed light on its suitability as a landing site. The research reveals diverse geological features, including ancient riverbeds and impact craters, posing challenges but also offering scientific opportunities.

Mars exploration, Oxia Planum, Landing site analysis, Geological features, Surface topology, Mission planning.

Введение

За последние десятилетия в исследовании Марса были достигнуты значительные успехи, что сделало выбор мест посадки ключевым фактором успеха миссии. В этой статье рассматривается оценка местности Oxia Planum как потенциального места посадки, для анализа которой используются спутниковые данные и цифровые модели рельефа высокого разрешения (DEMs). В нем подчеркивается ценный вклад таких ключевых инструментов, как стереокамера высокого разрешения Mars Express (HRSC) [1], система цветного и стереоизображения поверхности орбитального аппарата Trace Gas Orbiter (CaSSIS) [2], а также контекстная камера (CTX) орбитального аппарата Mars Reconnaissance Orbiter (MRO) и система получения изображений высокого разрешения Эксперимент (HiRISE) [3] по предоставлению подробных данных о рельефе местности. Цель этого исследования, оценить пригодность Oxia Planum для будущих исследовательских миссий и подчеркнуть важность топографической информации и точных моделей для принятия обоснованных решений.

Особенности посадочной площадки

Для расширяющихся миссий по исследованию Марса поиск подходящих посадочных площадок вышел за рамки простого логистического планирования и стал краеугольным камнем успеха этих миссий в будущем. Одним из мест, которые можно исследовать на Марсе, является регион Oxia Planum. Oxia Planum это Ноахская равнина, расположенная на 18 ° с.ш. и

335 ° восточной долготы. на выходе из системы Coogoon Valles [4]. Oxia Planum является одним из крупнейших участков глинистых пород на Марсе, и благодаря этому с помощью спектроскопии были проанализированы богатые глиной образцы. Эти минералы, идентифицированные как каолиниты, смектиты, богатые алюминием, и смектиты, богатые железом и магнием, имеют решающее значение для понимания ожидаемого геологического строения Марса, особенно в таких регионах, как Oxia Planum [5]. На рис. 1 показаны вид приземления и предполагаемая траектория движения марсохода в районе Oxia Planum.

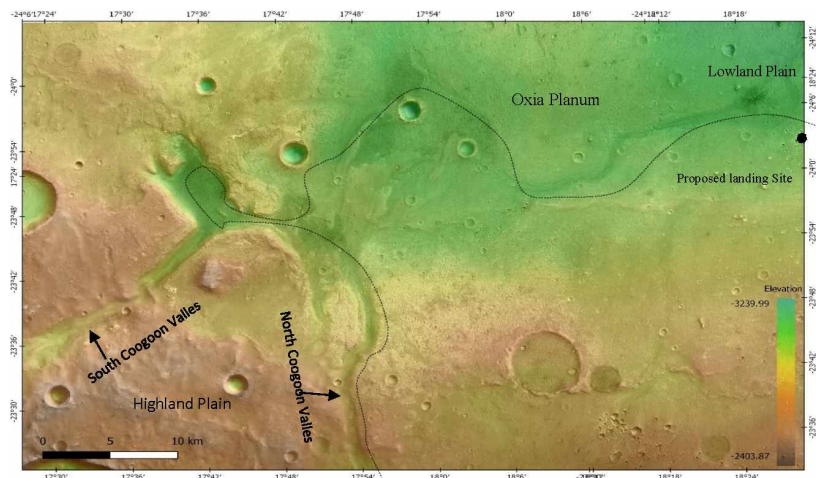


Рис. 1. Возможный регион и траектория места посадки марсохода ExoMars Oxia Planum, исходный набор данных. Набор данных мозаики CTX DEM, используемый для обработки QGIS.

Наборы данных и их обработка

1. Сбор данных

Набор данных, использованный в этом исследовании, был взят из архива данных HiRISE, который предлагает широкий спектр продуктов, включая запись необработанных экспериментальных данных (EDR), запись откалиброванных сокращенных данных (RDR) и цифровые модели местности (DTM), полученные в ходе миссии Mars Reconnaissance Orbiter (MRO). [6]. Этот набор данных содержит важную информацию для оценки Oxia Planum как потенциального места посадки для будущих миссий на Марс. Снимки с высоким разрешением, полученные HiRISE, позволяют провести детальный

анализ особенностей марсианской поверхности, помогая определить ключевые топографические характеристики, имеющие решающее значение для оценки пригодности места посадки [7]. Кроме того, интеграция передовых технологий визуализации и 3D-моделирования, примером которой является успех марсохода Perseverance, улучшает навигацию космического аппарата во время спуска, что открывает перспективы для будущих миссий на Oxia Planum и за ее пределы [8].

2. Анализ географической информационной системы (ГИС)

Анализ географической информационной системы (ГИС) с использованием программного обеспечения квантовой ГИС (QGIS) сыграл ключевую роль в понимании топографии Oxia Planum на Марсе. QGIS упростил такой анализ, как изменение высоты, контурное картирование и оценка уклона, помогая идентифицировать потенциальные места посадки на основе уклона, высоты и характеристик поверхности [9]. Интегрируя различные типы данных, QGIS обеспечил комплексное картографирование и принятие обоснованных решений для будущих миссий на Марс.

3. QGIS Топографическое картографирование и контурный анализ

Чтобы понять топографию Oxia Planum и определить места посадки, были использованы передовые ГИС-технологии, в основном Квантовая ГИС (QGIS). Вот как это было сделано:

Цифровые модели рельефа высокого разрешения (ЦМР) из архива НАСА HiRISE были обработаны с использованием специализированного программного обеспечения, Обработанные ЦМР и дополнительные данные были легко интегрированы в QGIS, что позволило легко манипулировать различными форматами планетарных данных. GIS использовала многогранный подход, комбинируя векторные и растровые данные для создания подробных топографических карт, классификации различных элементов местности и проведения контурного анализа. Контурный анализ, проведенный с помощью QGIS, позволил выявить волнистые контуры Oxia Planum, определить ключевые ориентиры и понять общую морфологию местности. Оценка склонов с помощью инструментов QGIS позволила точно определить районы, пригодные для безопасных посадок в будущих миссиях на Марс. На рис. 2 иллюстрированы топографические виды долины Coogoon Valles в Oxia Planum.

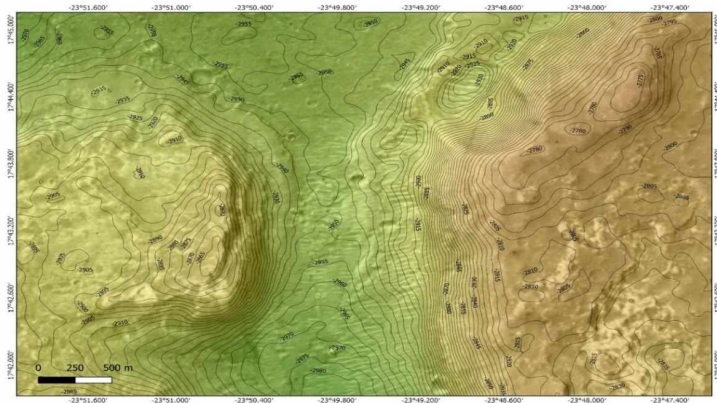


Рис. 2. топографические виды Coogoon Valles

3.4. 3D-моделирование места посадки "ЭкзоМарса" (Oxia Planum)

3D-моделирование места посадки ExoMars даст трехмерное изображение региона Oxia Planum. Благодаря тщательной обработке данных высокого разрешения из архива HiRISE мы создали подробные цифровые изображения этого марсианского ландшафта. Используя передовые методы квантовой ГИС (QGIS), наш анализ проливает свет на сложные топографические и геологические особенности Oxia Planum. Трехмерное моделирование, представленное на рис. 3, представляет собой комплексную платформу визуализации, позволяющую исследователям рассматривать потенциальные препятствия и оптимизировать стратегии миссии с беспрецедентной точностью.



Рис. 3. 3D-моделирование Oxia Planum с использованием цифровой карты местности HiRISE и модифицированного изображения

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Gwinner, K., et al., The High-Resolution Stereo Camera (HiRSC) of Mars Express and its approach to science analysis and mapping for Mars and its satellites. *Planetary and Space Science*, 2016. 126 : p. 93-138.
2. Tao, Y., et al., Ultra-high-resolution 1 m/pixel CaSSIS DTM using super-resolution restoration and shape-from-shading: Demonstration over oxia planum on Mars. *Remote sensing*, 2021. 13(11): p. 2185.
3. Kim, J., S.-Y. Lin, and H. Xiao, Remote Sensing and Data Analyses on Planetary Topography. *Remote Sensing*, 2023. 15(12): p. 2954.
4. Egea-Gonzalez, I., et al., regional heat flow and subsurface temperature patterns at Elysium Planitia and Oxia Planum areas, Mars. *Icarus*, 2021. 353: p. 113379.
5. Demaret, L., et al., Raman analyses of Al and Fe/Mg-rich clays: Challenges and possibilities for planetary missions. *Journal of Raman Spectroscopy*, 2023. 54(8): p. 823-835.
6. McEwen, A., et al., The high-resolution imaging science experiment (HiRISE) in the MRO extended science phases (2009–2023). *Icarus*, 2023: p. 115795.
7. Pajola, M., et al., Planetary mapping for landing sites selection: The Mars case study. *Planetary Cartography and GIS*, 2019: p. 175-190.
8. Носятки М., Аббасов И.В. Моделирование высокоточного ландшафта реальной планетарной среды для космических миссий в программной среде Unreal Engine // *Авиакосмическое приборостроение*. 2024. № 4. С.36-52. DOI:10.25791/aviakosmos.4.2024.1405

9. QGIS Development Team, 2023. QGIS Geographic Information System. Open-Source Geospatial Foundation Project. <http://www.qgis.org/>.

Носратн Мехрдад, аспирант кафедры инженерной графики и компьютерного дизайна, Инженерно-технологическая академия Южного федерального университета, Россия, 347928, г. Таганрог, ул. Чехова, 22, тел.: +7 (8634) 37-17-94, nosrati.mehrdad.7@gmail.com

Аббасов Ифтихар Балакишиевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой инженерной графики и компьютерного дизайна, Инженерно-технологическая академия Южного федерального университета, Россия, 347928, г. Таганрог, ул. Чехова, 22, тел.: +7 (8634) 37-17-94, iftikhar_abbasov@mail.ru

Nosrati Mehrdad, PhD student, Department of Engineering Graphics and Computer Design, Engineering and Technology Academy of the Southern Federal University, Russia, 347928, Taganrog, ul. Chekhova, 22, tel.: +7 (8634) 37-17-94, nosrati.mehrdad.7@gmail.com

Abbasov Iftikhar B., Doctor of Engineering Sciences, Professor, Head of the Department of Engineering Graphics and Computer Design, Engineering Technological Academy of the Southern Federal University, Taganrog, Russia, tel.: +7 (8634) 37-17-94.