

Mit tanulhatunk a fedési exoholdakról a CHEOPS űrtávcső által?

2024. november 28.

Kálmán Szilárd

HUN-REN CSFK, Konkoly Thege Miklós Csillagászati Intézet
Eötvös Loránd Tudományegyetem, Fizika Doktori Iskola

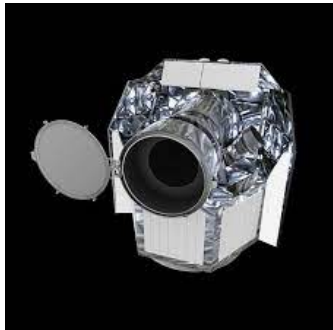
Doktori témavezető: **Szabó M. Gyula** (ELTE GAO)

Szoros együttműködésben **Simon Attilával** (Berni Egyetem)
Adrien Deline-nel (Genfi Observatórium)

és **Mező Györggyel** (HUN-REN CSFK CSI, HUN-REN WIGNER WDC)

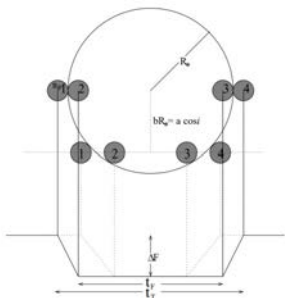
Tudományos háttér

- Közel 6000 ismert exobolygó (nem a Nap körül keringő) – űrtávcsövek!
- A Naprendszer csak **egy** a sok rendszer közül
- A Naprendszerben a Merkúr és Vénusz kivételével minden bolygónak van holdja
- **Hol vannak az exoholdak?**
- Két jó jelölt publikálva a Nature-ben, valószínűleg mindkettő fals pozitív



Az ESA CHEOPS űrtávcsöve

Számítástechnikai háttér





Seager és Mallén-Ornelas, 2003



- Számítás-intenzív feladat: bolygó (és hold) fedésének leírása, paraméterek rekonstrukciója a mérésekből
- Két virtuális gép
 - **m2.large**: 4 vCPU és 8 GB RAM
 - **m2.2xlarge**: 16 vCPU, 32 GB RAM
- Összesen 524 GB SSD háttértár
(nem output-intenzív!)

Image-ek létrehozása

Óriási köszönet Mező Györgynek

- Automatizált folyamat: elegáns, sokszorosítható
-  HashiCorp (HashiCorp) **Packer**:
 - Image build szkriptekkel legyárt image-eket (konkrétan: Ubuntu 22.04)
 -  ANSIBLE (Ansible) szkripteket hív meg, ezek telepítik a megfelelő programokat az egyes image-ekbe (build-essential, r-base stb.)

Gépek létrehozása

-  HashiCorp (HashiCorp) **terraform** infrastruktúra-szkriptek:
 - Létrehozzák a gépeket
 - Létrehozzák a hálózatokat
 - Elhelyezik a felhasználók SSH-kulcsait
-  **cloud-init**: konfigurálhatóak az image-ekbe telepített szoftverek
 - Itt lesz végleges a konfiguráció
- SSH-config: a létrehozott erőforrások egyszerűen elérhetőek

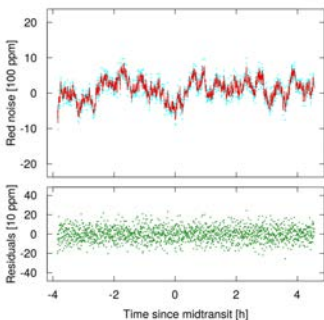
A gépek védelme

- Tudományosan nagyon érzékeny adatok (data policy: nem férhet hozzá akárki)
- A két gép külön hálózaton
 - A “számolós” csak a másikról érhető el – nem lát ki az internetra
- Minden kód gitlabon van, változtatások esetén ismert állapotból indítható újra a teljes rendszer



Adatfeldolgozás

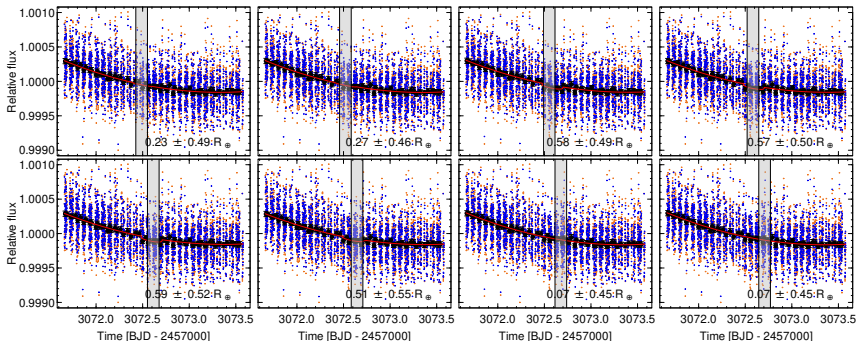
- A probléma: **pici, nem (jól) ismétlődő jeleket keresünk nagy zajban**
- A recept:
 - Nyers CHEOPS fénygörbék felmásolása a “számolós” gépre
 - Adatok megtisztítása az ismert műszeres effektusoktól*
 - Bolygó jelének eltávolítása (≈ 2 nagyságrenddel **nagyobb**, mint a hold várt jele)
 - Holdak fedésének keresése
- A teljes eljárás kalibrálása szintetikus adatsorokon



Kálmán és mtsai., 2023

Adattárolás

- A nyers adatok végig a cloud-gépen vannak
- A köztes eredmények diagnosztikai célra hasznosak
- Egy konkrét bolygórendszer vizsgálata
- Végeredmény:



A HUN-REN Cloud használata (I.)

- Felmerülő igény → igénylés → gyors jóváhagyás
- Lehetőség tetszőleges infrastuktúra kérelmezésére
- Projekt zökkenőmentes hosszabbítása:
 - Eredeti tervek szerint 2023. XII. 31-én zárás, majd 2024. VI. 30-án, majd 2024. XII. 31-én
 - De.... hold-jelölt megcáfolása/megerősítése
 - Minden számolás többszöri elvégzése apró módosításokkal
 - Újra, és újra, és újra...

A HUN-REN Cloud használata (II.)

- Gyors, megbízható
- Néhány előre tervezett leálláson kívül folytonosan elérhető
- A limitáló tényező a szoftver, nem az infrastruktúra – **de** számítási teljesítményből sosem elég a *data-driven astronomy* korában
- Kipróbált alternatívák: saját laptop (.....), TU Berlin klasztere (nem volt közvetlen hozzáférés...)
- Magyarországon kívülről nem elérhető gépek – *csak mobilnetről*
- A hátrány: publikációs kötelezettség
 - Megoldás: hosszabb határidő választása

Összefoglalás, tervek

- Pilot-programme: kidolgozni az exohold-kereső algoritmust és az ehhez szükséges infrastruktúrát
- Exohold-jelölt-jelölt, eredményeket bemutató cikk beküldése január végéig
- A felhős infrakstuktúra használata kialakítása könnyű – **segítséggel**
- A HUN-REN Cloud rendszere nélkül sehol sem tartanék a projekttel
- A projekt 3-4x ennyi vCPU-val (és több RAM-mal) gyorsabb lett volna → bátrabban megfogalmazott igénylés

Köszönetnyilvánítás

A Tranzitos exoholdak keresése a CHEOPS űrtávcső adataiban c. projekt nevében köszönetet mondunk a HUN-REN Cloud használatért, ami hozzájárult a publikálandó eredmények eléréséhez. A C1746651 számú projekt a Kulturális és Innovációs Minisztérium Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból nyújtott támogatásával, az NVKDP-2021 pályázati program finanszírozásában valósult meg.

Köszönöm a figyelmet!