

Deteccción de firmas de tránsitos en curvas de luz ruidosas de alta cadencia

Joel Humberto Castro Chacón

Resumen

Aproximadamente el 60% de los exoplanetas han sido detectados a través de sus firmas de tránsito. Este es uno de los métodos de detección más efectivos y el más sencillo en términos de observación y procesamiento de datos, sin embargo, requiere una alta relación señal-ruido (SNR) para encontrar un candidato real. Dado que los tránsitos son señales débiles y de baja frecuencia, se vuelve difícil encontrarlos en curvas de luz ruidosas. En este trabajo presentamos una metodología para procesar curvas de luz ruidosas y encontrar firmas de tránsito. Para probar nuestro método, observamos 27 tránsitos conocidos a altas cadencias (20 fps) desde el Observatorio Astronómico Nacional de San Pedro Mártir en Ensenada, B.C., México, utilizando el telescopio de 0.84 m y uno de los telescopios de 1.3 m del proyecto TAOS II (Transneptunian Automated Occultation Survey) en diferentes épocas. Vale la pena mencionar que TAOS II observará campos durante aproximadamente 2 horas, lo que significa que no esperamos capturar un tránsito completo en una observación regular, por lo que para este estudio tomamos solo el ingreso o el egreso como eventos. La metodología consta de tres pasos principales: filtrado, ajuste y predicción. Primero, aplicamos a las curvas de luz un filtro pasa bajas con un corte de 10 Hz que está alrededor de la firma espectral de los tránsitos; al filtrar mejoramos las SNRs en un factor de 10. Luego utilizamos mínimos cuadrados para ajustar funciones trapezoidales a las curvas de luz filtradas, para así obtener la profundidad y el tiempo de caída. Si el ajuste tiene éxito, finalmente aplicamos inferencia bayesiana utilizando muestreo de Monte Carlo de cadena de Markov (MCMC), para calcular valores y sus probabilidades para los parámetros del modelo de tránsito: período, tiempo de caída, tiempo de conjunción, ángulo orbital, radio del planeta, excentricidad y semieje mayor, además utilizamos Chi cuadrado para validar nuestros resultados. El objetivo es calcular una predicción confiable para planificar futuras observaciones y dar seguimiento al candidato. La aplicación principal de este algoritmo es analizar las 50 mil curvas de luz de 144,000 puntos diariamente, para encontrar candidatos a tránsitos y predecir el próximo evento con fines de seguimiento. Dado esto, la cadena de procesamiento debe ser automática y rápida. TAOS II producirá 50 mil curvas de luz de alta cadencia diariamente durante cinco años, por lo que vale la pena aprovechar esta gran base de datos. Pudimos encontrar variaciones de flujo tan bajas como 0.57% y tiempos de caída de 13.97 a 59.90 minutos, con Chi cuadrados de hasta 0.996. De las 27 curvas de luz, 11 tuvieron problemas

de fotometría debido a altas temperaturas en los detectores y otros problemas técnicos. Esta es la razón por la cual solo 16 curvas pasaron la etapa de detección. En la etapa de predicción pudimos obtener efemérides para los 16 eventos con errores desde 20 minutos hasta 7 horas.