

Pracownia astronomiczna

lista 4 (analiza danych), zadanie 1

Badanie kinematyki koronalnego wyrzutu masy

Celem zadania jest wyznaczenie parametrów charakteryzujących kinematykę wybranego koronalnego wyrzutu masy obserwowanego w zakresie promieniowania widzialnego. Wynikiem przeprowadzonego badania będzie krzywa położenia i prędkości dla tego wyrzutu.

W analizie wykorzystywane będą obrazy Słońca z instrumentu LASCO (Large Angle and Spectrometric Coronagraph) działającego na pokładzie satelity SoHO (Solar and Heliospheric Observatory, sohowww.nascom.nasa.gov). Do wizualizacji obrazów należy wykorzystać program JHelioviewer (<http://www.jhelioviewer.org>). Podana strona WWW zawiera instrukcję użytkownika programu.

Koronalne wyrzuty masy (coronal mass ejection, CME) są jednym z przejawów tzw. magnetycznej aktywności Słońca. CME to chmura namagnesowanej plazmy, która przyspieszona w koronie słonecznej, wyrzucona zostaje w przestrzeń międzyplanetarną. Przyczyną powstania CME jest rekonfiguracja pola magnetycznego w koronie. Wyrzuty osiągają prędkości rzędu 100 – 1000 km/s (maksymalnie około 3000 km/s).

CME, które docierają do Ziemi, powodują zaburzenia ziemskiej magnetosfery (tzw. burze geomagnetyczne), przez co mają negatywny wpływ na naziemne i orbitalne systemy techniczne. Wyrzuty te są jednym z elementów tzw. pogody kosmicznej, która opisuje warunki panujące na Słońcu i w bliskiej nam przestrzeni kosmicznej. Prognozowanie aktywności słonecznej i pogody kosmicznej, w tym prawdopodobieństwa i czasu dotarcia do Ziemi CME, ma duże znaczenie dla funkcjonowania współczesnej cywilizacji technicznej. CME powodują też powstawanie jasnych, rozległych zórz polarnych.

Etapy pracy:

1. Wczytaj do programu JHelioviewer obrazy SoHO/LASCO C2 i C3 dla wybranego CME z kadencją 10 min (1 obraz co 10 min.). Uwaga, jeśli danych nie ma na jednym serwerze, należy sprawdzić drugi (IAS, GFSC). **Uwaga:** przydział CME znajduje się na końcu tego dokumentu.
2. Obejrzyj wczytane obrazy i ustaw jasność/kontrast obrazów tak, aby morfologia CME była jak najlepiej widoczna. To umożliwi dokładniejsze śledzenie zmian położenia wyrzutu. Szczególnie dobrze powinien być widoczny tzw. front CME, ponieważ jego położenie będzie śledzone w dalszej części tego zadania. Front (czoło) CME to jego część położona najdalej od Słońca (tzw. krawędź prowadząca).
3. Wyznacz odległość heliocentryczną frontu CME (r) i oszacuj jej błąd dla każdego z obrazów, na których front ten jest widoczny. Głównym źródłem błędów jest tu niepewność wskazania frontu wynikająca z jego rozmycia, a czasem też z jego niskiej jasności. Program JHelioviewer umożliwi odczytanie odległości r wyrażonej w promieniach Słońca (R_s) i liczonej od środka tarczy słonecznej.
4. Wykonaj wykres $r = r(t)$ z naniesionymi kreskami błędów. Pomiar czasu traktujemy jako bezbłędny.
5. Przelicz odległość r [R_s] na d [km]. Wykonaj wykres $d = d(t)$ z naniesionymi kreskami błędów. Przyjmij, że promień Słońca wynosi $R_s = 696000 \pm 100$ km.
6. Dopasuj odpowiednią funkcję do wykresu $d = d(t)$ (wybierz funkcję liniową lub kwadratową). Na jej podstawie wyznacz prędkość CME i oszacuj błąd wyznaczonych wartości prędkości. Wykonaj wykres $v = v(t)$ z kreskami błędów. **Uwaga:** przed wykonaniem dopasowania funkcji należy przeliczyć czas pomiarów do jednej jednostki, np. godzin i ułamków godzin liczonych od pierwszego pomiaru.
7. Przedyskutuj wykres $v = v(t)$. Czy CME w polu widzenia LASCO przyspiesza/hamuje/zachowuje stałą prędkość?
8. Na podstawie wyznaczonej prędkości CME (zakładając, że porusza się on w naszą stronę), oszacuj po jakim czasie dotarłby on do Ziemi (oszacuj błąd tego czasu uwzględniając błędy prędkości). Załóż, że CME w czasie propagacji w stronę Ziemi będzie miał stałą prędkość, równą ostatniej (najpóźniejszej) wartości wyznaczonej z danych.
9. Przygotuj sprawozdanie zgodnie z wytycznymi przedstawionymi na stronie WWW zajęć. Formatka do sprawozdania również dostępna jest na stronie zajęć. Dodatkowo:
 - Sprawozdanie w wstępie powinno zawierać wprowadzenie do tematu badania, w tym krótki opis aktywności słonecznej i pogody kosmicznej.

- Wymaganymi ilustracjami w sprawozdaniu są wykresy $r = r(t)$, $d = d(t)$ (z dopasowaną funkcją) i $v = v(t)$ oraz przykładowe obrazy LASCO (4-6 szt.) pokazujące ewolucję CME z zaznaczeniem położenia śledzonego frontu wyrzutu. Obrazy można złożyć w jedną mozaikę (2x2 lub 2x3 obrazy). Wykresy powinny zawierać kreski błędów, opisy osi, itd.
- Wszystkie zmierzone lub wyliczone wartości muszą mieć wyznaczone niepewności pomiarowe. Przedstawiając wyniki należy pamiętać o zasadzie cyfr znaczących.
- W sprawozdaniu należy przedstawić tabelę z wykonanymi pomiarami – trzy kolumny: data i czas, r [Rs], δr [Rs]. Tabela powinna zmieścić się na jednej stronie.
- W dyskusji wyników na końcu sprawozdania nie ma wymogu porównania z wartościami literaturowymi. Można jednak odnieść otrzymane wartości prędkości CME do typowych prędkości obserwowanych dla całej grupy tych zjawisk.

Przydział CME:

- p. Monika: od 2014-01-07 03:00 do 2014-01-07 15:00, kierunek SW
- p. Marta: od 2014-02-18 00:00 do 2014-02-18 10:00, kierunek SE
- p. Piotr: od 2013-06-18 02:00 do 2013-06-18 14:00, kierunek SE
- p. Dawid: od 2013-05-22 08:00 do 2013-05-22 17:00, kierunek NW (dwa CME, do zrobienia pierwsze)
- p. Alexander: od 2014-01-01 12:00 do 2014-01-02 03:00, kierunek SE