ЭФФЕКТ Y-P2P В ДАННЫХ SDO И АНТИКОРРЕЛЯЦИЯ КОЛЕБАНИЙ МАГНИТНОГО ПОЛЯ И ПЛОЩАДИ ТЕНИ ПЯТНА

Королькова О.А., Ефремов В.И.

Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН, Санкт-Петербург, Россия

Y-P2P EFFECT ACCORDING TO SDO DATA AND AN- TI-CORRELATION OF OSCILLATIONS OF SUNSPOTS MAGNETIC FIELD AND UMBRA AREA

Korolkova O.A., Efremov V.I.

Central Astronomical Observatory at Pulkovo of RAS, St. Petersburg, Russia

A special class of artifacts that appears in the useful signal when the source moves on a discrete receiver matrix is considered. The formation of the parasitic component is associated with the displacement of the extreme value of the distributed field of a physical quantity from pixel to pixel (p2p effect). It is shown that the necessary condition for step-wise discretization $\Delta t < T$ (p2p), under which a p2p-artifact is formed, is not sufficient. For small field gradients (in particular, when the spatial resolution is good), the parasitic signal in the time series of the variable under study is either weakened or not formed at all. This assumption has been qualitatively verified by a comparative analysis of data on sunspots performed for SOHO/mdi and SDO/hmi data. Also, based on the SDO/hmi data, the Y-p2p effect associated with the displacement of the sunspot along the meridian and having an influence on the process of isolating long-period oscillations of sunspots is considered in detail.

It was found that there is an inverse relationship between changes in the area of the spots umbra and variations in the magnetic field strength. This property of long-period oscillations of sunspots as a untegral magnetic structure indicates the preservation of magnetic flux in the sunspots umbra and plays an extremely important role for understanding the physical nature of these oscillations.

DOI: 10.31725/0552-5829-2018-235-238

1. Введение

Рассматривается особый класс артефактов, появляющийся в полезном сигнале при проецировании движения наблюдаемого непрерывно распределенного светящегося объекта на дискретную матрицу приемника. Формирование паразитной компоненты связано с перемещением экстремального отсчета распределенного поля физической величины с пикселя на пиксель (p2p-эффект). В общем случае масштаб явления по координатам матрицы приемника может существенно различаться.

Необходимым условием формирования p2p эффекта является выбор шага дискретизации исследуемого ряда (Δt) меньшим, чем время перехода с пикселя на пиксель (T_{p2p}):

$$\Delta t < T_{p2p} \quad (1)$$

Однако выполнение этого условия не является достаточным. При длительных временах перехода $p2p$ существенным становится отношение градиента поля распределенного объекта к уровню шума регистрирующего приемника.

2. X-p2p эффект в данных SOHO и SDO

Сравним проявление X-p2p артефакта в данных SOHO/mdi и SDO/hmi. Как известно, пространственное разрешение обсерваторий отличается в 4 раза. Время перехода $T(X-p2p)$ вблизи центрального меридиана (ЦМ) для SOHO будет составлять ~ 12 минут, а для SDO ~ 3 минуты.

Рис. 1. Сценарий перехода экстремального отсчета напряженности магнитного поля по x-координате. Слева для станции SOHO, справа – для SDO. NOAA 11092 2 августа 2010.

На рис. 1 видно, что сценарий перехода разный для SOHO и SDO. Для SOHO можно отследить процесс формирования «полок», который будет приводить к возникновению паразитного сигнала. В SDO из-за высокого пространственного разрешения существует зона неопределенности, внутри которой появление экстремального отсчета непредсказуемо, и таким образом, повторяющийся сценарий перехода не формируется, а значит, не формируется и паразитная компонента (см. рис. 2).

3. Y-p2p эффект в данных SDO

Для Y-p2p эффекта будут действовать те же правила, что и для X-p2p. Важность учета Y-p2p артефакта обусловлена сравнимостью его периодов с периодами собственных низкочастотных колебаний солнечных пятен. В работе [2], например, было показано четкое появление Y-p2p артефакта в данных, полученных со станции SOHO. На рис. 3 представлены результаты обработки солнечного пятна NOAA 11371 по магнитограммам 12-минутной серии SDO. Собственный период колебаний для данного пятна получился равным ~ 32 часа (см. рис. 3с, большая черная точка).

Исследование нескольких пятен по данным SDO (NOAA 11092, 11131, 11133) показывает, что эффект Y-p2p существенно ослаблен наличием зоны неопределенности появления экстремального отсчета поля.

Рис. 2. Слева: реальный сценарий перехода экстремального отсчета поля и смоделированная ступенчатая функция перехода. Центр: Размер полок перехода. Справа: Периодограмма. Верхний ряд получен для станции SOHO, нижний – для SDO.

Намного существеннее оказывается влияние 12-ти часового артефакта [1]. Если ожидаемый период собственных колебаний пятна получается близким к значениям 11–13 часов, 22–26 часов, то точно отделить его от паразитного периода 12-ти часовой компоненты оказывается трудновыполнимой задачей.

Рис. 3. а) изменение величины магнитного поля экстремального отсчета; б) периодограмма в) диаграмма зависимости периода колебаний солнечных пятен от напряженности магнитного поля. Большая точка – NOAA 11371. 5 декабря 22:00 UT – 10 декабря 02:12 UT 2011 г.

4. Анतिकорреляция магнитного поля и площади тени пятна

Концепция долгопериодических колебаний солнечных пятен как целостных структур подразумевает сохранение магнитного потока в тени пятна в процессе колебаний. В таком процессе между изменением напря-

женности магнитного поля пятна и изменением площади его тени должна существовать обратная зависимость [3]. На рис. 4 хорошо видны очевидные моменты антикорреляции изменения магнитного поля внутри маски вокруг экстремального отсчета и площади внутри контура «тень-полутень».

Рис. 4. Изменения магнитного поля и площади внутри контура «тень-полутень». Стрелками отмечены моменты, в которых колебания поля и площади уверенно находятся в противофазе. NOAA 0905. 26–29 июня 2000 г. Данные SOHO с каденцией 1 минута.

5. Результаты

Для формирования паразитной компоненты, обусловленной эффектом $r2p$, необходимо, чтобы функция перехода экстремального отсчета величины поля по координатам имела повторяющийся вид. В области **слабых** градиентов поля (в частности, вблизи экстремального значения) конечные размеры зоны неопределенности появления эффекта $r2p$ приводят к его размытию (как $X-r2p$, так и $Y-r2p$). Благодаря этому, данные SDO в большинстве своем не подвержены сильному влиянию $r2p$ -артефакта.

Антикорреляция изменений магнитного поля и площади тени пятна подтверждает концепцию долгопериодических колебаний пятна в вертикальном направлении как единого, целостного объекта.

Работа поддержана РФФИ (№18-02-00168) и РНФ(№15-12-20001).

Литература

1. Efremov, V.I., Parfinenko, L.D., Solov'ev, A.A. Analysis of a 12-Hour Artifact in LF Oscillations of the Magnetic Field of Sunspots According to SDO/HMI Data // *Geomag. & Aeron.* 2017. Vol. 57, pp. 1045-1055.
2. Nagovitsyn, Yu.A., Rybak, A.L. The properties of long-term sunspot oscillations // *Astron. Rep.*, 2014, vol. 58, iss. 5, pp. 328-334.
3. Solov'ev, A.A., Kirichuk, E.A. Basic properties of sunspots: equilibrium, stability and long-term eigen oscillations // *Astrophys. & Space Sci.*, 2014, vol. 352, iss. 1, pp. 23-42.