

## ЭФФЕКТ P2P, ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ДВИЖЕНИЯ ТРАССЕРОВ

<sup>1,2</sup>И. Живанович, <sup>1</sup>В.И. Ефремов, <sup>3</sup>А. Риехокайнен, <sup>1</sup>А.А. Соловьев

<sup>1</sup>ГАО РАН (Главная Пулковская астрономическая обсерватория РАН), Санкт-Петербург, Россия

<sup>2</sup>Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

<sup>3</sup>Обсерватория Туорла, Турку, Финляндия

ivanzhiv@live.com

## THE P2P EFFECT AS AN INSTRUMENT FOR STUDYING MOVEMENTS OF TRACERS

<sup>1,2</sup>I. Zhivanovich, <sup>1</sup>V.I. Efremov, <sup>3</sup>A. Riehoainen, <sup>1</sup>A.A. Solovyev

<sup>1</sup>The Main (Pulkovo) Astronomical Observatory RAS, St. Petersburg, Russia

<sup>2</sup>St. Petersburg State University, St. Petersburg, Russia

<sup>3</sup>Tuorla Observatory, Turku, Finland

**Аннотация.** При обработке данных с дискретных приемников проявляется эффект, обусловленный переходом изображения с пикселя на пиксель («pixel to pixel transition» or «p2p-effect») при движении источника относительно дискретной матрицы приемника. Данный эффект является квазипериодическим, в спектральном составе временного ряда наблюдений он стабилен и четко определен. Как известно, любые регулярные независимые периодические процессы могут рассматриваться в качестве хороших эталонов времени. Эффект p2p является, по своей сути артефактом, паразитным эффектом, но он, в силу своей регулярности, дает возможность с высокой точностью исследовать движения источников по поверхности Солнца.

**Ключевые слова:** p2p, инструмент для исследования движений.

**Abstract.** Artifact p2p was detected in time series which was obtained on discrete receiver. This effect is quasiperiodic and stable. The regular periodic processes are good standard of time. Despite the p2p artifact is a parasitic signal, it gives possibility to study movements of the sources.

**Keywords:** p2p, instrument for studying the movements.

### Введение

При изучении временных рядов с обсерваторий SDO (Solar Dynamics Observatory) и SOHO (Solar and Heliospheric Observatory) в спектральном составе обнаруживается паразитный сигнал, обусловленный переходом изображения с пикселя на пиксель («pixel-to-pixel transition» or «p2p effect») при движении распределенного источника относительно дискретной матрицы приемника. При детальном изучении этого эффекта были получены критерии его проявления, показан его устойчивый регулярный характер. Стабильность данного артефакта позволяет его использовать в качестве инструмента для исследования перемещения трассеров по поверхности Солнца.

### Артефакт P2P, критерии его наблюдения

Артефакт, на основе которого производится определение скорости перемещения трассеров, возникает следующим образом: экстремальный отсчет (интенсивность, магнитное поле и др.) по мере движения трассера перемещается на соседний пиксель матрицы приемника. В течение некоторого времени экстремальный отсчет проецируется на границу двух пикселей. При этом, на пиксель, где находился максимум, будет проецироваться область с меньшим значением интенсивности сигнала. Когда экстремальный отсчет полностью перейдет на следующий пиксель, значение максимальной величины регистрируемого сигнала снова скачком увеличится. Затем процесс повторяется уже для следующих пик-

селей. Название артефакту было дано согласно природе процесса (p2p — pixel-to-pixel transition).

В работе [Ефремов, 2012] был подробно изучен артефакт p2p, получены критерии, необходимые для наблюдения этого эффекта.

Механизм возникновения эффекта p2p определяется дискретностью приемника излучения (CCD матрицы). В то же время важным фактором для наблюдения эффекта является дискретизация данных. Для того, чтобы наблюдать эффект, временное разрешение временного ряда должно быть меньше периода эффекта p2p.

Таким образом, критерием возникновения эффекта p2p является дискретность приемника излучения (рис 1, 2). Кроме того в качестве критерия для наблюдения эффекта p2p следует выделить степень дискретизации данных (рис 3) и градиент поля измеряемой величины. От градиента поля величины зависит амплитуда эффекта p2p, то есть при значении градиента поля близком к нулю, амплитуда эффекта p2p будет настолько маленькой, что его не будет видно на фоне временного ряда изменения интенсивности сигнала.

### Пример расчета скорости движения трассера на поверхности Солнца с использованием эффекта P2P

В качестве примера использования эффекта p2p для изучения скоростей движения трассеров по поверхности Солнца нами использовались мелко-масштабные магнитные структуры (рис. 4) с экстремальной напряженностью магнитного поля 200–1000 Гс и размером несколько пикселей (3–10).

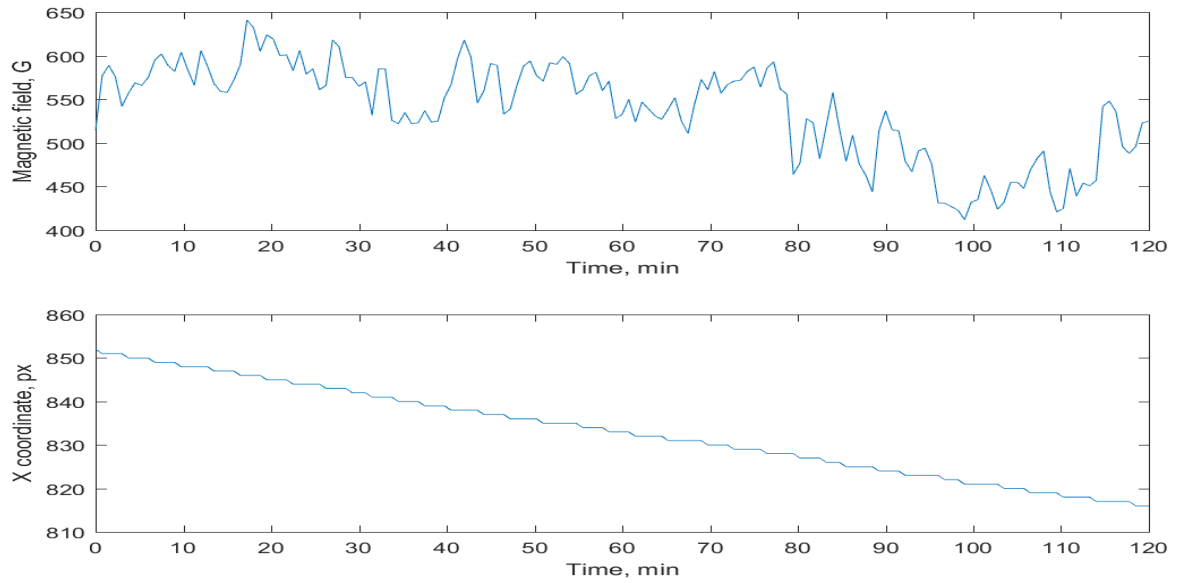


Рис. 1. На верхней панели изображен временной ряд экстремального значения напряженности магнитного поля в ядре мелкой магнитной структуры на Солнце (вне активной области). На нижней панели изображен ход горизонтальной координаты экстремального отсчета в системе координат матрицы приемника. Шаг дискретизации данных 0.75 мин, период эффекта р2р 3–4 мин

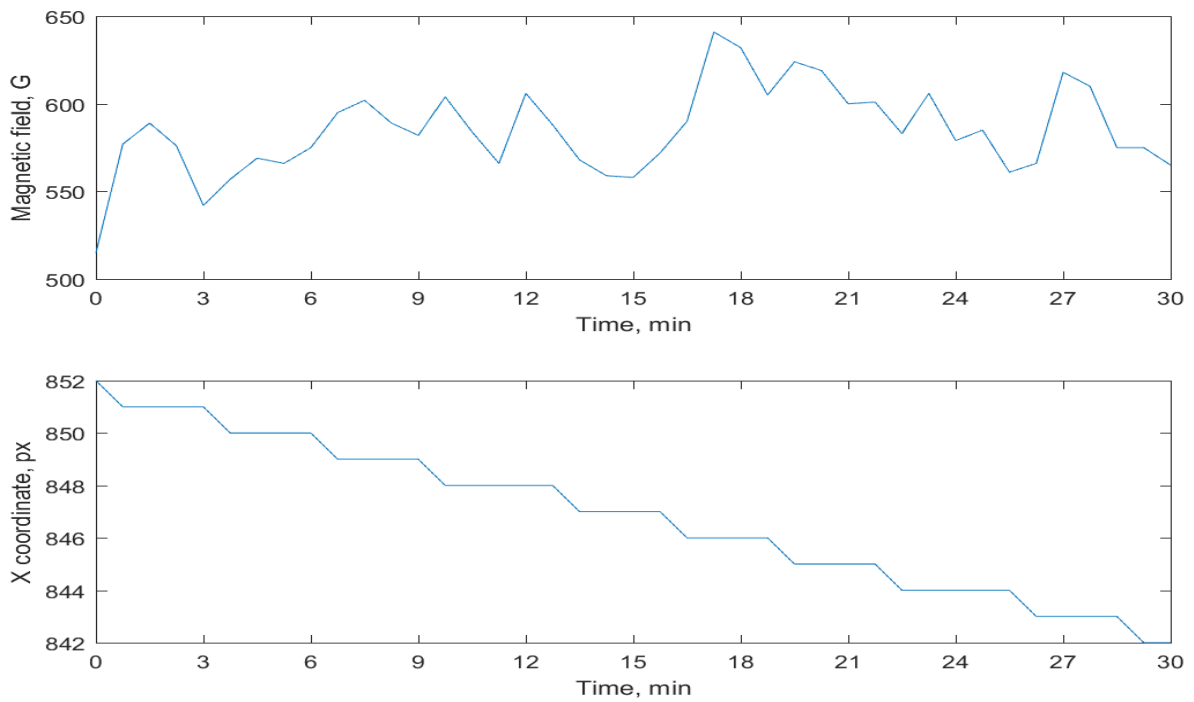


Рис. 2. Часть временного ряда с рис. 1 для более детальной иллюстрации эффекта р2р

Эффект p2p, его применение для исследования движения трассеров

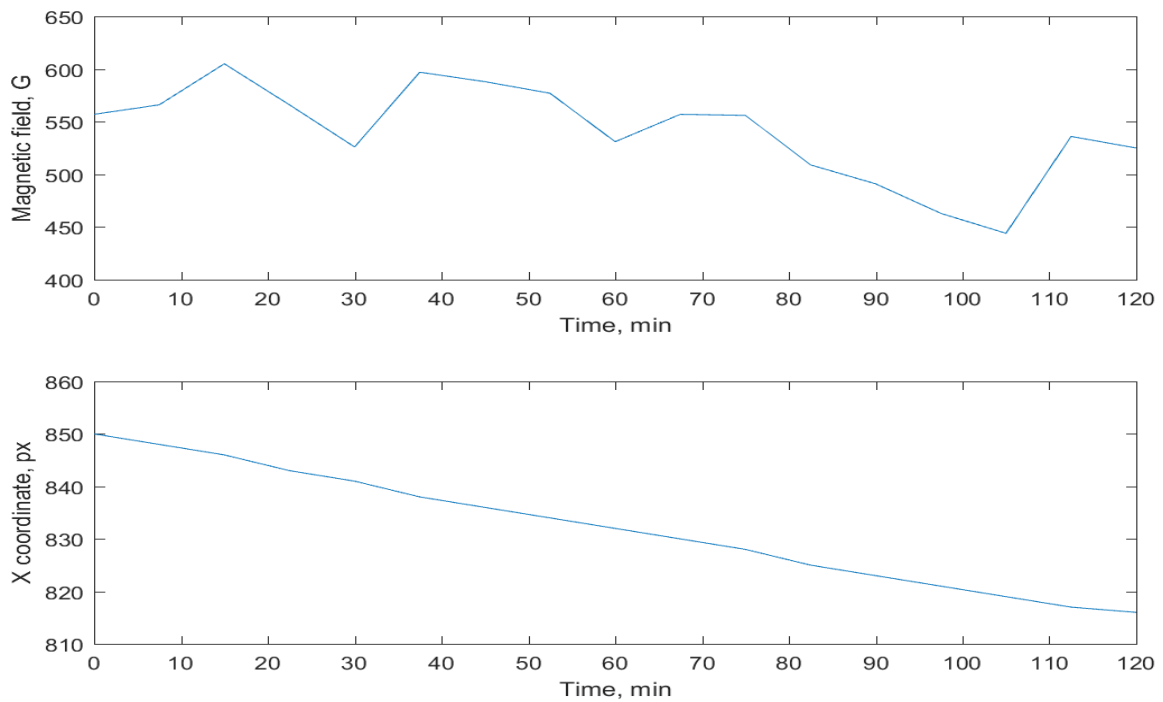


Рис. 3. Временной ряд с рис. 1 с увеличенным шагом дискретизации (шаг дискретизации — 7.5 мин). Как видно по данному временному ряду, когда шаг дискретизации временного ряда (7.5 мин) превышает период эффекта p2p (3–4 мин), то эффект p2p не наблюдается. Однако следует подчеркнуть, что вследствие дискретности приемника эффект p2p всегда присутствует в наблюдаемом ряду, но в данном он полностью замывается

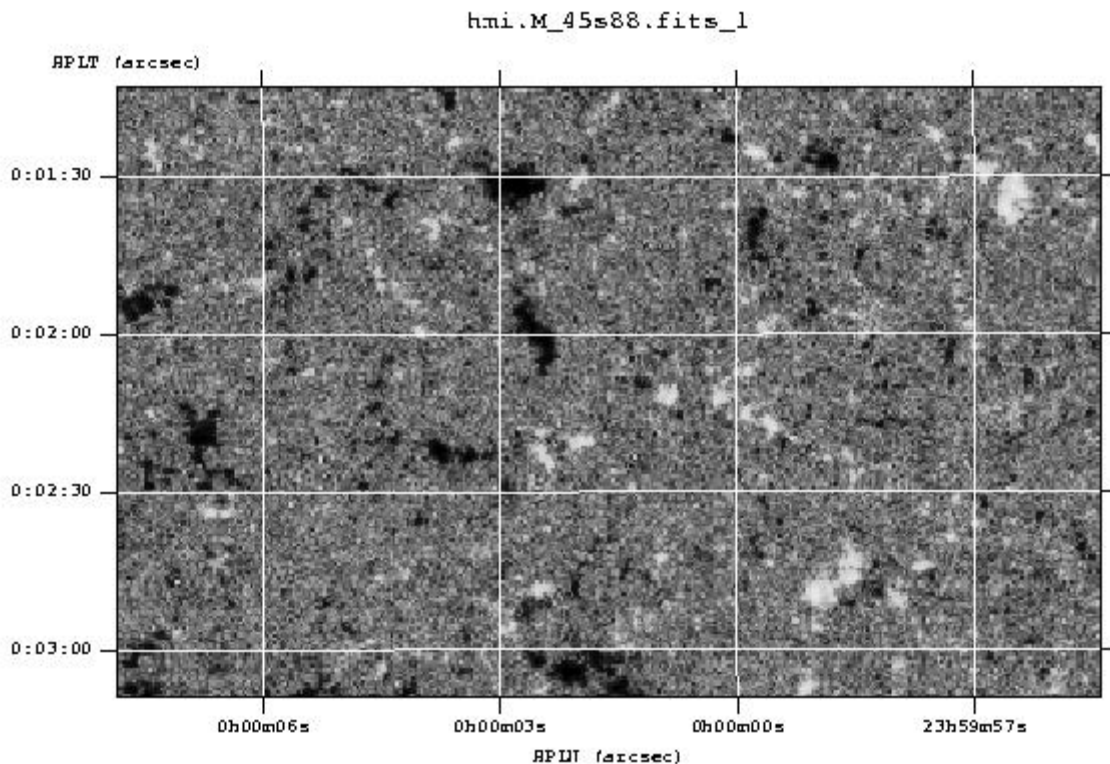


Рис. 4. На участке магнитограммы SDO/HMI видны мелкомасштабные магнитные структуры, для которых с помощью эффекта p2p измерялась скорость движения

В качестве примера для временного ряда экстремального значения напряженности магнитного поля мелкомасштабной магнитной структуры

был построен фурье-спектр (рис. 5), по которому было получено значение периода артефакта p2p, равное 3.4 мин, что дает скорость движения порядка

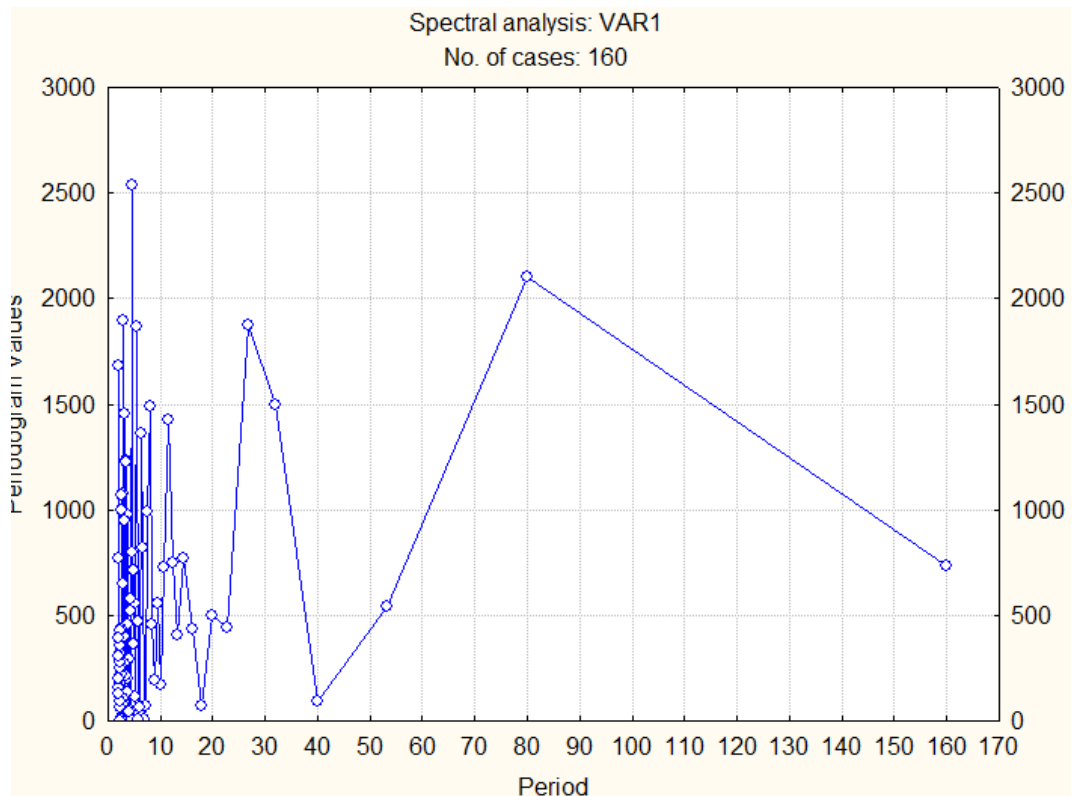


Рис. 5. Фурье-спектр для мелкомасштабной магнитной структуры. По горизонтали отмечены номера точки во временном ряду экстремального значения напряженности магнитного поля в мелкомасштабной структуре. Для перехода в минуты следует умножить на коэффициент 0.75 (шаг дискретизации временного ряда). Можно выделить периоды 3.4 мин (p2r эффект), 4–6 мин (что соответствует 3–5 мин колебаниям на Солнце), 8.6 мин и 20 мин. Период 60 мин (самый правый пик) не рассматривается, так как длина временного ряда составляет 120 мин

13–14° в день. Так как данная мелкомасштабная структура находится в области, где нет проявлений активности, то можно полагать, что данная магнитная структура не вовлечена ни в какие крупномасштабные движения, кроме дифференциального вращения. Полученная скорость свидетельствует именно о том, что ее движение обуславливается дифференциальным вращением Солнца.

### Заключение

В данной работе на примере временного ряда для мелкомасштабной магнитной структуры показано, что эффект p2r можно использовать в качестве эффективного инструмента для изучения скоростей движения различных трассеров на поверхности Солнца.

### Список литературы

Ефремов В.И. Новый метод определения скорости перемещения трассеров по поверхности Солнца // Труды конференции «Солнечная и солнечно-земная физика-2012» 2012. С. 393–396.