

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ РАСПОЗНАВАНИЯ ОБРАЗОВ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ОТБОРА ТРЕБУЕМЫХ СОБЫТИЙ В БАЗАХ ДАННЫХ МИРОВОЙ СЕТИ НЕЙТРОННЫХ МОНИТОРОВ И РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ ПАРАМЕТРОВ МЕЖПЛАНЕТНОЙ СРЕДЫ НА КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТАХ

В.В. Пчелкин (*Полярный геофизический институт КНЦ РАН*)

Аннотация. В работе рассматривается проблема автоматизации поиска в данных мировой сети нейтронных мониторов и в спутниковых данных событий, удовлетворяющих требуемым условиям. Предлагаются и обсуждаются дескрипторы, позволяющие количественно описывать принципиальные особенности отбираемых фрагментов экспериментальных рядов. Разработанные алгоритмы применены для решения задач автоматизированного поиска солнечных протонных событий и Форбуш - понижений различных типов.

Введение

Традиционно исследование возможных влияний флуктуаций потоков космических лучей на атмосферные процессы и, в частности, на глобальный резонатор Земля-ионосфера, проводится путем анализа изменения соответствующих характеристик атмосферы во время таких явлений, как значительные Форбуш - понижения, солнечные протонные события, магнитосферные бури. Второй подход заключается в поиске циклических закономерностей, соответствующим циклам солнечной деятельности.

На наш взгляд, актуальной является задача расширения материала для анализа. Возможно это, в частности, путем включения в рассмотрение Форбуш-эффектов не вспышечной, а рекуррентной природы, а также иных вариаций КЛ и параметров солнечного ветра. Подобные события происходят достаточно часто, уверенно регистрируются приборами, но не всегда имеют специальное название и входят в каталоги. Достижение поставленной цели требует создания специализированных баз данных нейтронных мониторов, параметров солнечного ветра и атмосферных параметров, включающих возможность интеллектуального поиска в экспериментальных рядах требуемых событий по задаваемым исследователем признакам. В предлагаемом вниманию исследовании разрабатываются вопросы создания подобных алгоритмов.

Экспериментальные данные

Для тестирования разрабатываемых алгоритмов автоматизируемого отбора интересующих нас событий были использованы результаты измерений на ряде НМ мировой сети (с. Апатиты, Мак-Мердо, Туле, Южный полюс и Ньюарк), значения индекса Dst, а также параметры солнечного ветра, полученные в ходе измерений на КА за период с 1980 по 1989 гг. "Провалы" данных корректировались символьными дополнениями рядов или, в некоторых случаях, средними значениями.

Интеллектуальный отбор событий, удовлетворяющих совокупности некоторых требований относится к классическим задачам теории распознавания образов, решение которых, обычно, происходит в несколько этапов (см., например, /1, 2/):

- 1) Формализация предметной области (определение набора признаков, характеризующих объекты).
 - 2) Формирование обучающей выборки.
 - 3) Уменьшение размерности пространства признаков (для предотвращения «переобучения» и улучшения точности распознавания).
 - 6) Формулировка решающего правила, реализующего отбор (сортировку) в соответствии с разделяющей поверхностью в окончательно выбранном пространстве признаков.
 - 5) Составление алгоритма классификации.
- (Разумеется, приведенная последовательность схематична и не включает многие важные этапы.)

Применяемые нами для поиска списки дескрипторов разрабатывались на основе современного определения Форбуш-эффекта как модуляционного явления, обусловленного сильными флуктуациями окружающей (экранирующей) Землю плазмы /3, 4/. В такой трактовке ФЭ далеко не всегда связан со вспышкой на Солнце, а часто обусловлен, например, рекуррентными явлениями в солнечном ветре. Но, безусловно, он регистрируется на Земле нейтронными мониторами мировой сети. Поэтому в основу выбора событий были положены дескрипторы, описывающие формы фрагментов понижений в данных НМ, главными из которых являлись следующие:

1) Амплитудный признак (рассчитывался по минимальному значению показаний НМ в i -м анализируемом фрагменте):

$$b_{1,i} = \min(a_{i,j}), \quad (1)$$

где i – номер фрагмента исходного ряда, j – номер измерения.

2) Показатель крутизны спада переднего фронта (представлял собой численную оценку среднего за заданное время значения производной перед минимальной точкой в фрагменте):

$$b_{2,i} = \frac{\Delta a_{i,j \min}}{\Delta t_{i,j \min}} \quad (2)$$

3) Показатель совпадения. Рассчитывался для данного фрагмента как число совпадений с отборами в результатах измерений других мониторов.

Решающее правило отбора задавалось в виде совокупности градационных значений признаков. (Подобная схема успешно применялась нами при отборе т. н. всплесков Q-типа см. /5, 6/)

Отметим, что описанные дескрипторы были не единственными использованными. В частности, в ряде случаев мы применяли показатели, характеризующие скорость восстановления скорости счета НМ к средним значениям.

Возможен был и другой подход, связанный с расчетом отклонение формы рассматриваемого анализируемого фрагмента от формы «классического» нормированного ФЭ (по вошедшим в каталоги) в евклидовой метрике:

$$b_{2,i} = \sum_j \sqrt{(a_{уд.,j} - a_{i,j})^2} \quad (3)$$

Но такой подход, на наш взгляд, слишком жестко увязан с существующим пониманием ФЭ и не позволяет выявлять флуктуации КЛ иной морфологии. Поэтому мы не применяли его.

Результаты тестирования

На рис. 1 а, б показаны результаты отбора ФП разных амплитуд и усреднения профилей по данным НМ ст. Апатиты. Как видно из графиков, заданные градации выбранных дескрипторов уверенно выделяют из десятилетнего ряда ФП «классического» профиля.

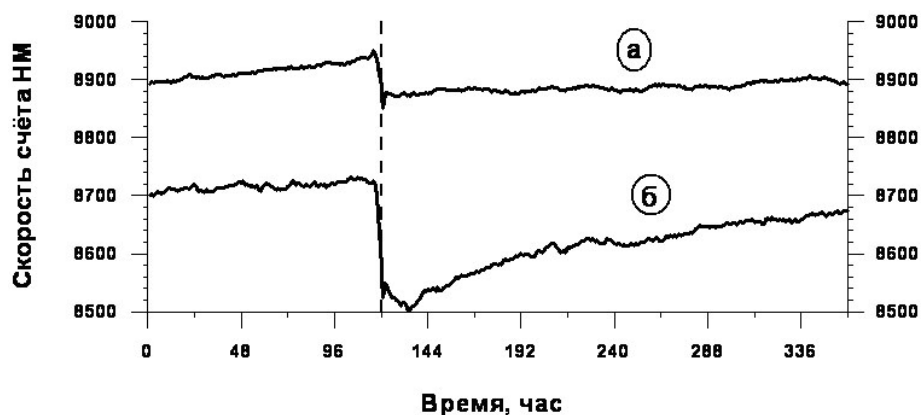


Рис. 1 «Средние» профили ФП а) амплитуды менее 0,8% б) выше 1, 5% по данным НМ Апатиты.

Результаты синхронного отбора из базы данных параметров солнечного ветра для ФП разной амплитуды иллюстрируют графики на рисунках 2, 3 и 4.

Вывод

Выполненная работа показывает возможность создания эффективных алгоритмов автоматизированного отбора событий требуемого типа в данных мировой сети нейтронных мониторов и в спутниковых данных на основе применения методов теории распознавания образов. Созданные алгоритмы протестированы на примере решения задачи отбора всплесковых и рекуррентных Форбуш-эффектов разных амплитуд и профилей по десятилетнему ряду данных. Разработанные алгоритмы, безусловно, могут быть эффективным

средством поиска корреляционных связей между характеристиками атмосферы и параметрами околоземной космической среды.

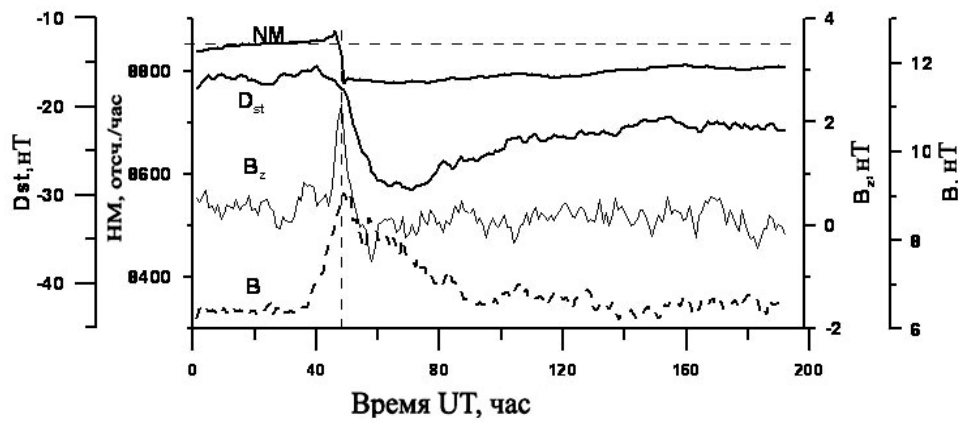


Рис. 2 Результат усреднения параметров солнечного ветра по выборке ФП рис. 1 (а) .

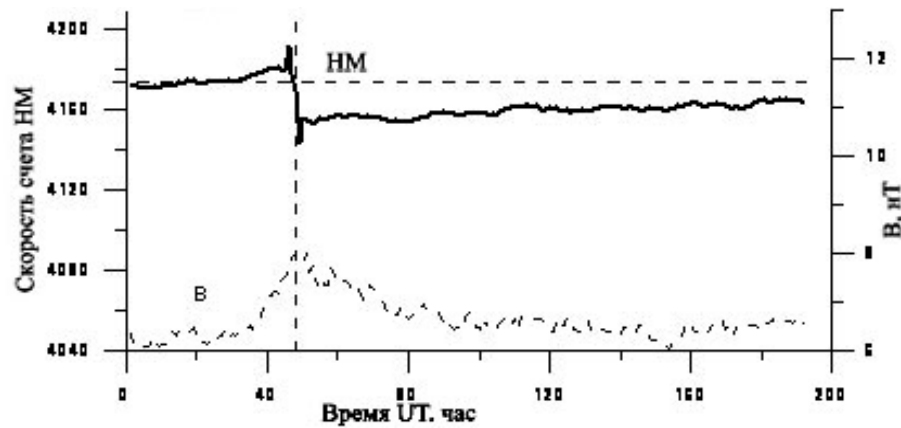


Рис. 3 Результаты отбора ФП с амплитудами менее 0,7%, по данным монитора ст. Туле. Пунктиром показан средний ход модуля ММП в отобранных событиях

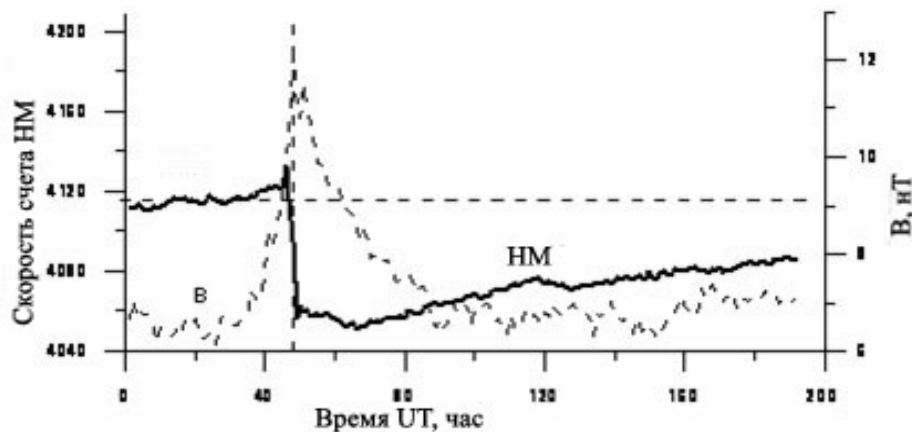


Рис.4 Результаты отбора ФП с амплитудами свыше 1, 5% по данным монитора ст. Туле. Пунктиром показан средний ход модуля ММП в отобранных событиях.

Автор признателен М. И. Белоглазову за полезные обсуждения, С.П. Носкову, А.И.Воронину, а также персоналу обсерватории "Ловозеро" за консультации, подготовку аппаратуры и проведение измерений.

Работа выполнена при поддержке Программой фундаментальных исследований Отделения физических наук РАН № 4.11 "Электродинамика атмосферы, радиофизические методы исследований атмосфер.

Список литературы

- 1) Загоруйко Н.Г. Методы распознавания и их применение. - М. : Сов.радио, 1972. -206 с.
- 2) Вапник В.Н., Червоненкис А.Я. Теория распознавания образов (статистические проблемы обучения). – М.:Наука, 1974.-415 с.
- 3) Белов А.В., Дорман Л.И., Ерошенко Е.А. и др. - Структура Форбуш-понижений // Геомагнетизм и аэрономия. 1976, Т 16, № 5, С 761.
- 4) Белов А. В., Иванов К.Г.- Форбуш-эффекты в 1978 году. 1. Роль внезапно исчезающих волокон. // Геомагнетизм и аэрономия, Т.37, №3, 1997.
- 5) Пчелкин В.В., Белоглазов М. И., Васильев А. Н., Воронин А. И. - Всплески Q-типа в магнитных колебаниях КНЧ диапазона как явление, отражающее свойства глобального резонатора Земля-ионосфера // Геомагнетизм и аэрономия, 2010, Т. 50, N 5, с. 1-9.
- 6) Пчелкин В.В. Автоматизация поиска редких событий в экспериментальных рядах на примере отбора всплесков Q-типа методами теории распознавания образов.//Труды VII Всероссийской научной школы «Математические исследования в естественных науках», Апатиты, 3-6 октября 2011г, С. 124-128.