

## **Fuzzy logic methods for geomagnetic event detection and analysis**

*R.G. Kulchinskiy, S.M. Agayan, Sh.R. Bogoutdinov, A.D. Gvishiani*

Institution of the Russian Academy of Sciences Geophysical Centre RAS (GC RAS),

Moscow, Russia

E-mail: [kulchinskiy@gmail.com](mailto:kulchinskiy@gmail.com)

A geomagnetic field is subject to fluctuations of different time scales. In order to describe the magnetic activity in the planetary scale there were established geomagnetic indexes: 24 hours' C-index, three hours' Kp-index, hourly indexes Dst, AE and others.

Let us note that the principal idea of the introduction of these indexes was to give equal estimation of relative strength of disturbances in various observatories. However the more detailed study of the morphology of geomagnetic disturbances and their sources shows that various indexes of geomagnetic activity used nowadays show an activity of a geomagnetic field not on the whole Earth surface but in its separate regions. In the process of research of solar-terrestrial phenomena there emerged the necessity of simultaneous determination of the strength of geomagnetic disturbances in all observatories of the world stations' net i.e. an introduction of new parameters independent of geomagnetic latitudes and longitudes becomes necessary.

To solve this problem a new geo-informational approach named "Discrete mathematical analysis" (DMA), FCARS algorithm in particular, is suggested. The approach has been developed by the Geophysical Centre of the Russian Academy of Sciences. The DMA is based on fuzzy logic methods and is meant to study multidimensional arrays and time series.

The FCARS represents an attempt to model the logics of an interpreter who identifies "by eye" anomalies in records. This algorithm is supposed to be used for the purpose of further automated analysis of great arrays of data not analyzable by manual processing. The algorithm gives an estimation of limits of anomalies sought and conducts morphological review of these anomalies in form of initial, central and final stages with separation of strong and weak phases in the central stage. A sufficient "flexibility" of the algorithm is provided by a wide set of "rectifications" which appears during modelling of the work of an interpreter.

As the result of the execution of these works based on algorithms of separation and analysis of anomalies in time series using fuzzy logic methods there were:

- introduced concepts of inner and outer strength of an anomaly of a geomagnetic variation;
- suggested an analysis of geomagnetic events based on data from the global network of Intermagnet observatories;
- described a new way of study of the dynamics of geomagnetic disturbances spreading.

## Обнаружение и анализ геомагнитных событий методами нечеткой логики

*Р.Г. Кульчинский, С.М. Агаян, Ш.Р. Богоутдинов, А.Д. Гвишиани*

Учреждение Российской академии наук Геофизический центр РАН (ГЦ РАН),  
Москва, Россия

E-mail: [kulchinskiy@gmail.com](mailto:kulchinskiy@gmail.com)

Геомагнитное поле испытывает флуктуации различных временных масштабов. С целью описания магнитной активности в планетарном масштабе учреждены геомагнитные индексы: суточный С-индекс, трехчасовой Кр-индекс, часовые индексы Dst, AE и др.

Отметим, что при введении этих индексов основной была идея – дать одинаковую оценку относительной силы возмущений на разных обсерваториях. Но более детальное изучение морфологии геомагнитных возмущений и их источников показало, что используемые в настоящее время всевозможные индексы геомагнитной активности характеризуют активность геомагнитного поля не по всей поверхности Земли, а отдельных ее регионов. При исследовании же солнечно-земных явлений появилась необходимость одновременного определения величины возмущенности геомагнитного поля по всем обсерваториям мировой сети станций, т.е. введение новых параметров, независимых от геомагнитных широт и долгот.

Для решения этой проблемы предлагается использовать новый геоинформационный подход, созданный в Геофизическом Центре РАН, - «Дискретный математический анализ (ДМА)». ДМА основан на методах нечеткой логики, предназначен для изучения многомерных массивов и временных рядов, в частности алгоритм FCARS.

FCARS – это попытка моделирования логики интерпретатора, распознающего “на глаз” аномалии на записи, с целью ее дальнейшего автоматизированного использования для анализа больших массивов данных, не поддающихся ручной обработке. Этот алгоритм дает оценку границ искомым аномалиям и осуществляют их морфологический разбор в виде начальной, центральной и конечной стадий с выделением сильных и слабых фаз в центральной стадии. Достаточная “гибкость” алгоритма обеспечивается посредством широкого набора “выпрямлений, возникающих при моделировании работы интерпретатора.

В результате выполнения работы, на основе алгоритмов выделения и анализа аномалий на временных рядах методами нечеткой логики:

- введены понятия внутренней и внешней силы аномалии геомагнитной вариации;
- предложен анализ геомагнитных событий по данным сети станций Intermagnet;
- описан новый способ изучения динамики распространения геомагнитных возмущений.