

Научная статья

Original article

УДК 004



**АДАПТИВНЫЙ АЛГОРИТМ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ГЕОМАГНИТНЫХ
ДАННЫХ**

ADAPTIVE ALGORITHMS OF GEOMAGNETIC DATA VISUALIZATION

Воробьева Гульнара Равилевна, профессор кафедры вычислительной математики и кибернетики, Уфимский государственный авиационный технических университет, г. Уфа, gulnara.vorobeva@gmail.com

Vorobeva Gulnara Ravilevna, Professor of the Department of Computational Mathematics and Cybernetics, Ufa State Aviation Technical University, Ufa, gulnara.vorobeva@gmail.com

Аннотация. В статье рассматривается алгоритм визуализации пространственно-временного распределения геомагнитных данных на основе геоинформационных методов визуальной интерпретации информации. Предложенный алгоритм отличается тем, что для клиентского веб-рендеринга больших пространственных данных учитывается их пространственная анизотропия посредством комбинирования подходов, демонстрирующих наилучшие показатели реактивности в соответствующих пространственных областях. Обсуждаются результаты проведения серии вычислительных экспериментов, подтверждающие эффективность предложенного решения.

Annotation. The article considers an algorithm for visualizing the spatial and temporal distribution of geomagnetic data based on geoinformation methods for visual interpretation of information. The proposed algorithm differs in that for client-side web rendering of large spatial data, their spatial anisotropy is taken into account by combining approaches that demonstrate the best indicators of reactivity in the respective spatial regions. The results of a series of computational experiments are discussed, which confirm the effectiveness of the proposed solution.

Ключевые слова: геомагнитные данные, пространственные данные, алгоритм пространственного рендеринга, геоинформационные системы и технологии

Keywords: geomagnetic data, spatial data, spatial rendering algorithm, geographic information systems and technologies

В настоящее время проблема обработки и анализа временных рядов геомагнитных данных стоит особенно остро ввиду необходимости исследования пространственно-временного распределения параметров геомагнитного поля и его вариаций.

Анализ известных решений в данной области показал, что на сегодняшний день не известны инструментарии, которые позволяют эффективно решать указанную задачу. Данный факт подтверждает актуальность ее решения.

Важной характеристикой рассматриваемых данных является необходимость их многослойной визуализации. Для этого в качестве исходных данных используются результаты измерения соответствующих физических параметров в соответствии с геодезическими координатами и временными параметрами регистрации соответствующих значений. При этом многослойность визуализации проявляется в рендеринге двух- и трехмерных пространственных изображений, характеризующих пространственно-временное распределение геомагнитных данных.

Одним из наиболее эффективных решений по визуализации обозначенных данных является использование (и формирование) системы пространственных изолиний. При этом основная сложность в реализации такого решения заключается в выраженном анизотропном характере распределения параметров магнитного поля Земли и его вариаций как по земной поверхности, так и в околоземном пространстве.

В этой связи актуальна разработка алгоритма формирования и прорисовки линий уровня по геомагнитным данным на основании известных методов научной визуализации.

Анализ известных подходов к геопространственной визуализации показал, что наибольшая точность характерна для метода построчной развертки, предполагающего последовательный перебор пространственных точек в регулярной решетке и создающего на этой основе комплекс линий уровня. При этом указанный метод характеризуется крайне низкой вычислительной скоростью. Поэтому представляется наиболее эффективным применение для наиболее сложных в плане расчетов магнитнонеустойчивых полярных областей Земли. Другой широко используемый метод – метод марширующих квадратов – является менее требовательным к вычислительным ресурсам. В этой связи представляется целесообразным его применение для всех остальных пространственных регионов.

В общем виде предлагаемый алгоритм визуализации пространственно-временного распределения параметров геомагнитного поля и его вариаций в геоинформационных системах предполагает последовательное выполнение двух этапов (Рисунок 1).

Так, на первом этапе предполагается разделение всей земной поверхности на несколько областей, среди которых выделены полярные, приэкваториальные и среднеширотные.

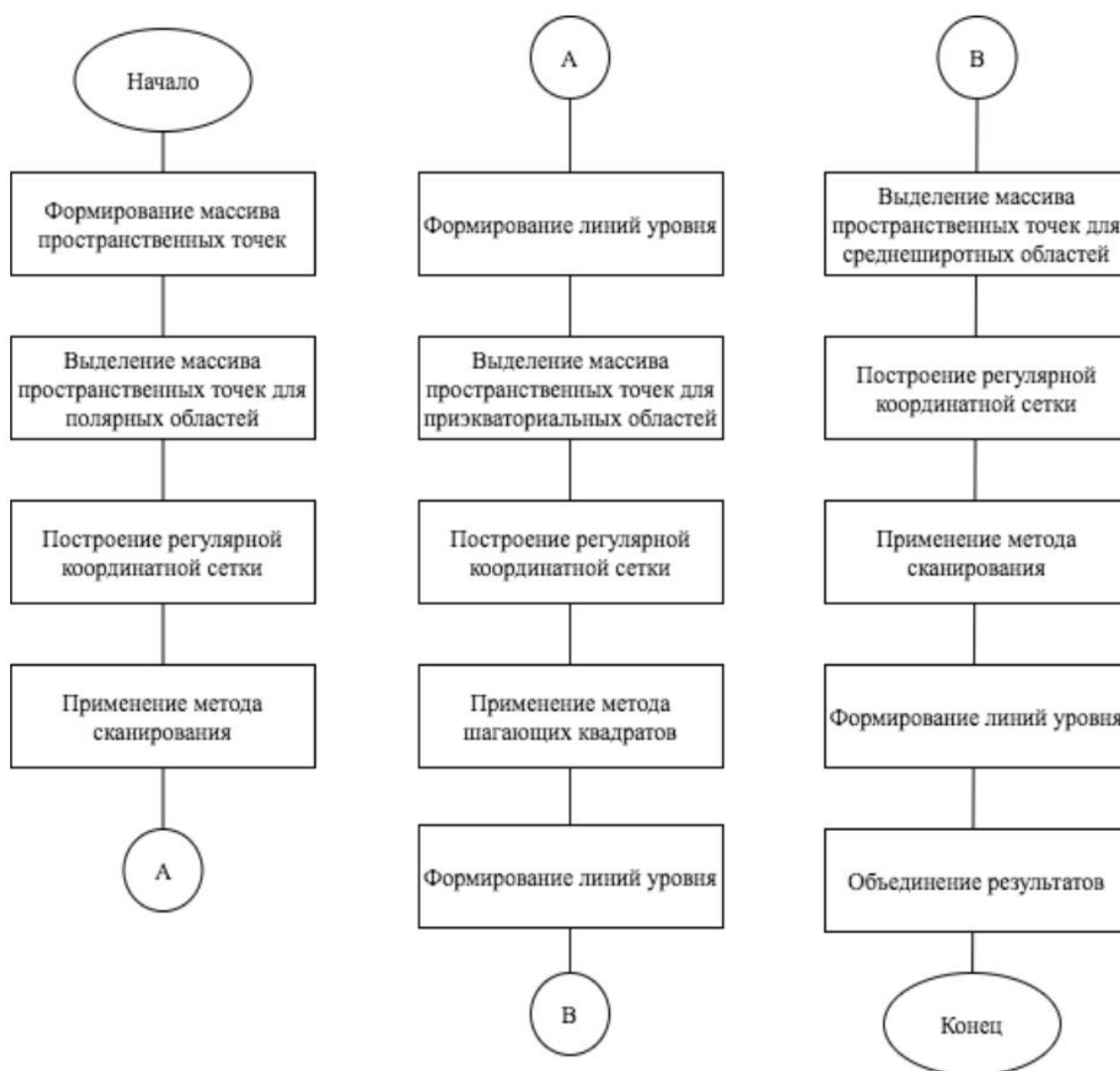


Рисунок 1 – Алгоритм применения гибридного метода визуализации пространственно-временного распределения параметров геомагнитного поля и его вариаций

Известно, что полярные области преимущественно образованы пространственными регионами, расположенными на крайнем севере и юге Земли. В общем объеме они составляют примерное половину всей поверхности земного шара.

Приэкваториальные области Земли располагаются между 35° с. ш. и 35° ю. ш. и характеризуются, с одной стороны, наличием кольцевых токов, обеспечивающих менее динамичное изменение геомагнитных вариаций во

времени по сравнению с магнитной активностью, наблюдаемой в полярных областях.

Пространственные регионы средних широт расположены примерно в области, ограниченной 40 и 65° северной широты и 42 и 58° южной широты. Характерной особенностью указанной области является присутствие кольцевых токов, наблюдаемых преимущественно в приэкваториальной области. Кроме того, в районе полярных регионов также может наблюдаться суббуревая активность. Таким образом, на территории указанных регионов минимальна вариабельность геомагнитных данных.

Для каждой выделенной пространственной области формируется локальная координатная регулярная сеть мониторинга. Каждая из сформированных сетей мониторинга является при этом подмножеством исходного множества пространственных точек, характеризующих пространственную сеть мониторинга всей поверхности земного шара.

Для оценки эффективности предложенных решений была проведена серия вычислительных экспериментов, направленная на сравнение предложенного подхода с существующими и широко используемыми в настоящее время решениями.

Результаты вычислительных экспериментов [1-5] показали, что при равным вычислительных возможностях применение предложенного подхода позволит повысить реактивность веб-ориентированного рендеринга геомагнитных данных примерно на 17-19% по сравнению с существующим аналогами.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, грант № 20-07-00011.

Литература

1. Воробьев, А. В. Корреляционный анализ геомагнитных данных, синхронно регистрируемых магнитными обсерваториями INTERMAGNET / А.В. Воробьев, Г.Р. Воробьева // Геомагнетизм и аэрономия. – 2018. – Т. 58, No 2. – С. 187–193.

2. Воробьев, А. В. Подход к оценке относительной информационной эффективности магнитных обсерваторий сети INTERMAGNET / А.В. Воробьев, Г.Р. Воробьева // Геоматетизм и аэрономия. – 2018. – Т. 58, No 5. – С. 648–652.
3. Vorobeva, G.R. Analytical information system for control and spectral analysis of geomagnetic field and space weather parameters / G.R.V orobeva, A.V. Vorobev // Russian Journal of Earth Sciences. – 2016. – Т. 16. No 4. – С. 1-10.
4. Vorobev, A. V. Web-oriented 2D/3Dvisualization of geomagnetic field and its variations parameters / A. V. Vorobev, G. R. Vorobeva // Scientific Visualization. – 2017. Vol. 9, Issue 2. – P. 94-101.
5. Vorobeva, G.R. Web-based geoinformation system for exploring geomagnetic field, its variations and anomalies / G.R.Vorobeva, A.V. Vorobev // Advances in Intelligent Systems and Computing. – 2016. – Vol. 582. – P. 22-35.

Bibliography

1. Vorobev, A.V. Correlation analysis of geomagnetic data synchronously recorded by INTERMAGNET magnetic observatories / A.V. Vorobev, G.R. Vorobeva // Geomagnetism and aeronomy. - 2018. - Vol. 58, No 2. - P. 187–193.
2. Vorobev, A.V. An Approach to Evaluating the Relative Information Efficiency of Magnetic Observatories in the INTERMAGNET Network / A.V. Vorobev, G.R. Vorobeva // Geomagnetism and aeronomy. – 2018. – Vol. 58, No 5. – P. 648–652.
3. Vorobeva, G.R. Analytical information system for control and spectral analysis of geomagnetic field and space weather parameters / G.R.V orobeva, A.V. Vorobev // Russian Journal of Earth Sciences. – 2016. – Т. 16. No 4. – С. 1-10.
4. Vorobev, A. V. Web-oriented 2D/3Dvisualization of geomagnetic field and its variations parameters / A. V. Vorobev, G. R. Vorobeva // Scientific Visualization. – 2017. Vol. 9, Issue 2. – P. 94-101.

5. Vorobeva, G.R. Web-based geoinformation system for exploring geomagnetic field, its variations and anomalies / G.R.Vorobeva, A.V. Vorobev // Advances in Intelligent Systems and Computing. – 2016. – Vol. 582. – P. 22-35.

© Воробьева Г. Р., 2022 *Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral" №4/2022*

Для цитирования: Воробьева Г. Р. АДАПТИВНЫЙ АЛГОРИТМ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ГЕОМАГНИТНЫХ ДАННЫХ // Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral" №4/2022