

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА КОНЦЕПЦИИ СИСТЕМЫ АНАЛИЗА АПЕРИОДИЧЕСКИХ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ВАРИАЦИЙ ГЕОМАГНИТНОГО ПОЛЯ

А. А. Грушина

anastasia.pear97@gmail.com

ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет» (УГАТУ)

Аннотация. В данной статье описываются пространственные вариации геомагнитного поля, под которыми понимается силовое воздействие на объект со стороны геомагнитного поля, возникающее в объеме существования этого объекта в среде невозмущенного анизотропного геомагнитного поля, при условии ненулевой угловой и/или линейной скорости объекта, предлагается концепция веб-ориентированного программного средства, позволяющего отслеживать и анализировать пространственные вариации геомагнитного поля, возникающие при полете аэрокосмической техники различного назначения, описываются основные принципы его архитектуры и функционирования.

Ключевые слова: геомагнитное поле; геомагнитные вариации; геомагнитные псевдобури; сервисно-ориентированная архитектура; API.

Как известно, вариации геомагнитного поля (ГМВ) могут оказывать значительное влияние на функционирование современных технологических систем. И хотя в мировом научном сообществе отсутствует единое мнение о влиянии ГМВ на здоровье и самочувствие людей, имеется достаточно много исследований, занимающихся этим вопросом. Идея этих исследований заключается в том, что определенные составляющие ГМВ может оказывать прямое или косвенное воздействие на объекты и системы разной природы, в том числе и на организм человека.

По всему миру производится наблюдение и изучение временных вариаций магнитного поля Земли, таких как суточные, вековые и т.д., обходя при этом стороной пространственные вариации, которые отображают изменение геомагнитного поля, действующего на объект, находящийся в движении.

Беря во внимание тот факт, что влияние ГМВ как на технические системы, так и на человека, на настоящий момент недостаточно изучено, и предполагается, что это воздействие имеет по большей части нега-

тивный эффект, имеет место более детальное исследование ГМВ, которое помогло бы выявить и нейтрализовать негативные факторы его воздействия.

Особенно остро проблема минимизации негативного воздействия ГМВ стоит в области построения и эксплуатации аэрокосмической техники различного целевого назначения. Такая ситуация первоначально обусловлена взаимодействием человека со значительным количеством сложных навигационных, информационно - измерительных и управляющих систем в условиях непрерывности процесса полета и удаленности от наземных технических служб [1]. Причем можно рассматривать как с позиции воздействия ГМВ на технологические системы, так и с позиции воздействия на человека. Так как согласно статистике аварийных ситуаций, возникших на борту летательных аппаратов, причиной 57% ситуаций был человеческий фактор и 22% - отказ бортового оборудования [1-3].

Если касаться вопроса влияния пространственных ГМВ на объекты, то аэрокосмическая техника опять же попадает

в область повышенного внимания, поскольку, помимо уже перечисленных выше особенностей, при эксплуатации она развивает внушительную скорость, из-за чего за короткий промежуток времени геомагнитное поле, в котором находится объект, может существенно измениться. В исключительных случаях имеет место быть эффект геомагнитной псевдобури, под которым понимается силовое воздействие на объект со стороны геомагнитного поля, возникающее в объеме существования этого объекта в среде невозмущенного анизотропного геомагнитного поля при условии ненулевой угловой и/или линейной скоростей объекта [3, 4].

В целях изучения пространственных вариаций магнитного поля планируется разработать программное средство, которое бы позволило осуществлять расчет, моделирование и визуализацию параметров поля, в котором находится движущийся объект, и проводить их анализ.

Так как программное средство подразумевает визуализацию пространственных данных, требуется картографическая информация. Логичным выходом из ситуации является подключение картографических сервисов через интерфейс прикладного программирования. К счастью, имеется выбор среди нескольких веб-сервисов, позволяющих создавать интерактивные карты на веб-странице и отображать на них различные объекты. Такие сервисы позволяют гибко манипулировать географическими объектами: прорисовывать и центрировать фрагменты карты, расставлять маркеры с пометками, выполнять разнообразные расчеты. Выбор в итоге был остановлен на ArcGIS [5].

Таким образом, планируемое приложение будет представлять собой совокупность веб-сервисов и средств их взаимодействия, что подразумевает реализацию веб-приложения с сервисно-ориентированной архитектурой.

Упомянутое архитектурное решение также позволит использовать сервис геопортала GEOMAGNET (<http://www.geomagnet.ru>) для получения данных о свойствах магнитного поля в заданной точке пространства в определенный момент времени.

Принцип работы программного средства предполагает следующее:

1) построение геодезической полилинии по ходу движения объекта в пространстве;

Геодезическая полилиния – это расстояние, измеренное вдоль линии, соединяющей две точки и проходящей по поверхности Земли, с учетом эллипсоидной формы планеты [1].

2) получение данных о свойствах геомагнитного поля в точке;

3) определение изменений параметров геомагнитного поля по сравнению с параметрами, полученными в предыдущей отмеченной точке нахождения объекта.

Исходными данными для приложения будут являться широта, долгота, высота объекта, а также время, в которое объект находился в точке с указанными координатами.

Далее требуется определить полный вектор индукции магнитного поля Земли в точке географического пространства, заданной пространственно-временными координатами как сумму трех составляющих:

$$\mathbf{B}_{ge} = \mathbf{B}_1 + \mathbf{B}_2 + \mathbf{B}_3, \quad (1)$$

где \mathbf{B}_1 – вектор индукции ГМП внутриземных источников; \mathbf{B}_2 – регулярная составляющая вектора индукции ГМП магнитосферных токов, вычисляемая в солнечно-магнитосферной системе координат; \mathbf{B}_3 – иррациональная составляющая вектора индукции ГМП магнитосферных токов.

Магнитное поле внутриземных источников \mathbf{B}_1 отражает преимущественно силовые характеристики невозмущенного ГМП, порождаемого, главным образом, полем электрических токов в земном ядре (главное поле) и составляющего ~98 % всего поля. Поля же земного магнетизма, обуславливающиеся магнитными свойствами горных пород, составляют ~2 % всего поля. При этом поле земной коры убывает с высотой значительно быстрее, чем главное поле, и начиная с высоты ~100 км им практически пренебрегают [1]. Соответственно, в данном случае ими вполне можно пренебречь.

Составляющие вектора индукции магнитного поля внутриземных источников \vec{B}_1 :

X' , Y' , Z' можно будет получить от геопортала GEOMAGNET посредством API [6].

В точке А с координатами φ , λ , h , которые представляют собой широту, долготу и высоту в географических координатах, прямоугольные составляющие вектора индукции (в геодезической системе координат) определяются согласно выражениям 2–4, а модуль вектора индукции ГМП – по формуле 5 [7].

$$B_X = X' \cos(\varphi - \varphi') + Z' \sin(\varphi - \varphi') \quad (2)$$

$$B_Y = Y', \quad (3)$$

где φ – географическая (геодезическая) широта точки в пространстве, [градусы]; φ' – широта в сферических координатах, [градусы]; X' , Y' , Z' – составляющие вектора индукции магнитного поля внутриземных источников \vec{B}_1 .

При этом значения элемента поля B_Y для точки пространства при дополнении до широты $\theta = 0$ получают линейной интерполяцией.

$$B_Z = Z' \cos(\varphi - \varphi') + X' \sin(\varphi - \varphi') \quad (4)$$

$$|\vec{B}_1| = \sqrt{B_X^2 + B_Y^2 + B_Z^2} \quad (5)$$

Последним шагом будет расчет изменения вектора индукции магнитного поля Земли в точке географического пространства по сравнению со значением в предыдущей точке:

$$\Delta B_1 = \vec{B}_{1t} - \vec{B}_{1t-1}, \quad (6)$$

ВЫВОД

В связи с тем, что в последние годы наблюдается некоторый разрыв между прогрессом в развитии средств магнитных измерений и коммуникаций на обсерваториях с процессом обработки получаемых данных, разработку приложения, анализирующего эти данные, с использованием современных технологий можно считать целесообразной [8].

Таким образом, веб-приложение, регистрирующее пространственные вариации геомагнитного поля, может способствовать решению проблемы изучения, а также, возможно, и нейтрализации влияния ГМВ на технические и биологические системы, в том

числе авиационно-космическую технику, а также на ее оборудование и пассажиров.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Миловзоров Г.В. и др.** Исследование и анализ амплитудно-частотных характеристик геомагнитной псевдодури, возникающей в процессе авиационного полета воздушных судов различного целевого назначения // Вестник Уфимского государственного авиационного технического университета. 2014. Т. 18. № 3 (64). С. 132–141. [G.V. Milovzorov et al., "Research and analyses of amplitude-frequency characteristics of geomagnetic pseudostorm during the airflight of any type", (in Russian), in *Vestnik USATU*, vol.18, №3, pp. 132-141, 2014].
2. **Бинги В.Н., Савин А.В.** Физические проблемы действия слабых магнитных полей на биологические системы // УФН. – 2003. – Т. 173, №3. – С. 265–269. [V.N. Bingi, A.V.Savin "Effects of weak magnetic fields on biological systems: physical aspects", (in Russian), in *Physics-Uspexhi*, vol. 173, №3, pp. 265-269, 2003].
3. **Воробьев А.В.** Моделирование и исследование эффекта геомагнитной псевдодури // Геоинформатика. 2013. № 2. С. 29–36. [A.V. Vorobev, "Research of effects geomagnetic pseudo storm", (in Russian), in *Geoinformatika*, №2, pp. 29-36, 2013].
4. **Воробьев А.В. и др.** Анализ и исследование частных геомагнитных вариаций // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 2. С. 102. [A.V. Vorobev et al., "Analysis and research of private geomagnetic variations", (in Russian), in *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*, №2, p. 102, 2014].
5. **ArcGIS. Официальный сайт** [Электронный ресурс]. URL: <https://www.arcgis.com/> (дата обращения 13.01.2020). [ArcGIS. *A complete mapping and analytics platform for developers* [Online]. Available: <https://www.arcgis.com/>]
6. **ГОСТ 25645.126–85. Поле геомагнитное. Модель поля внутриземных источников.** – М.: Издательство стандартов, 1985. – 23 с. [Geomagnetic field. Magnetic field model of internal originals, (in Russian), Federal standard 25645.126–85].
7. **Воробьев А.В., Воробьева Г.Р.** Веб-ориентированная 2d/3d-визуализация параметров геомагнитного поля и его вариаций // Научная визуализация. 2017. Т. 9. № 2. С. 94–101. [A.V. Vorobev, G.R.Vorobeva, "Web-oriented 2d/3d-visualization of geomagnetic field and its variations parameters", (in Russian), in *Nauchnaja vizualizacija*, vol.9, № 2, pp. 94-101, 2017].
8. **Хомутов С.Ю.** Обработка магнитных данных на обсерваториях (описание специализированного программного пакета) // ИКИР ДВО РАН. – ред.1.2, декабрь 2017 г. – с.Паратунка, Камчатский край.: ИКИР ДВО РАН, 2017 г. – 114с. [S.U. Khomutov, "Observatory magnetic data processing (description of a specialized software package)", (in Russian), Far Eastern Branch, RAS, pp.114, 2017].

ОБ АВТОРЕ

ГРУШИНА Анастасия Алексеевна, студент кафедры вычислительной математики и кибернетики факультета информатики и робототехники Уфимского государственного авиационного технического университета.

METADATA

Title: Application of the BPM technology in the seismic survey planning processes

Author: A. A. Grushina

Affiliation:

Ufa State Aviation Technical University (UGATU), Russia.

Email: ¹anastasia.pear97@gmail.com

Language: Russian.

Source: Molodezhnyj Vestnik UGATU (scientific journal of Ufa State Aviation Technical University), no. 1 (22), pp. 48-51, 2020. ISSN 2225-9309 (Print).

Abstract: describes the spatial variations of the geomagnetic field, which means the force acting on the object from the side of the geomagnetic field, arising in the volume of existence of this object in the environment of an unperturbed anisotropic geomagnetic field, subject to a non-zero angular and / or linear velocity of the object, the concept of web-oriented software that allows you to track and analyze spatial variations of the geomagnetic field that occur during the flight of aerospace technology personal purpose, describes the basic principles of its architecture and functioning.

Key words: geomagnetic field, geomagnetic variations, geomagnetic pseudo-storms, service-oriented architecture, API.

About author:

GRUSHINA, Anastasia Alekseevna., Student, Department of Computational Mathematics and Cybernetics, Faculty of Informatics and Robotics, Ufa State Aviation Technical University.