

ОПТИМИЗАЦИЯ ИЗУЧЕНИЯ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ЗЕМЛИ ПОСРЕДСТВОМ ПРИМЕНЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

С. С. Болдов

0000007@autorambler.ru

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

Аннотация. В исследовании рассматривается проблема перевода изображений старых магнитограмм в оцифрованный вид с использованием новейших компьютерных технологий. Целью исследования является применение новейших информационных технологий в процессе оцифровки аналоговых магнитограмм. В задачи входит разработка оптимального программного обеспечения для обработки аналоговых магнитограмм, включающего широко распространенные программные средства, создание авторского программного продукта, который бы позволял учитывать не только среднечасовые значения полного вектора магнитной индукции, но и содержащуюся в магнитограммах информацию о ее быстрых вариациях, а также стандартные часовые данные.

Ключевые слова: магнитное поле, геомагнитные данные, аналоговые магнитограммы, оцифровка, программное обеспечение, растровое изображение, векторизация, векторное изображение.

Значимость решения проблемы мониторинга геомагнитных вариаций и аномалий в современном мире очень высока. С одной стороны, это система наблюдений и оценки текущей геомагнитной обстановки, а с другой – средство информационного обеспечения процесса подготовки и принятия управленческих решений в соответствующей прикладной области: биология, медицина, геофизика, геология, метеорология и других. Существующая в настоящее время мировая информационная сеть, в которую объединяются наземные высокотехнологичные магнитные станции – International Real Time Magnetic Observatory Network (INTERMAGNET), является наиболее распространенным для ученых методом наблюдения параметров геомагнитного поля Земли и его вариаций.

В исследовании рассматривается проблема перевода изображений старых магнитограмм в оцифрованный вид с использованием новейших компьютерных технологий. В международных

лабораториях накоплено большое количество архивных материалов, имеющих ценность в качестве исторических данных для изучения магнитного поля Земли, однако они практически недоступны для мирового научного сообщества, поскольку неудобны для цифровой обработки и могут быть утеряны из-за наличия только в единственном экземпляре, поэтому остается актуальной проблема перевода большого количества старых магнитограмм в оцифрованный вид.

Изучение вариаций магнитного поля Земли осуществляется с помощью высокочувствительных приборов – магнитных вариометров, а магнитограмма представляет собой показания или отчет о состоянии магнитного поля Земли в виде графической записи изменения магнитного поля Земли, получаемой при помощи специального прибора – магнитографа, который представляет собой прибор, непрерывно регистрирующий изменения земного магнитного поля во времени (магнитные вариации). Магнитограф

состоит из магнитных вариометров и записывающего устройства. Самый простой магнитограф содержит фоторегистратор, осветитель и три оптико-механических вариометра, чувствительным элементом которых является магнитная стрелка с зеркалом, подвешенная на упругой нити. Такой магнитограф регистрирует на ленте, фотопленке или фотобумаге, вариации 3-х ортогональных компонентов магнитного поля Земли с периодами от нескольких секунд до нескольких месяцев с точностью 10 в минус пятой степени. Полученная с помощью магнитографа магнитограмма несет информацию о времени, амплитуде и периоде магнитных вариаций.

Целью исследования является применение новейших информационных технологий в процессе оцифровки аналоговых магнитограмм. В наши задачи входит разработка оптимального программного обеспечения для обработки аналоговых магнитограмм, включающего широко распространенные программные средства, например, R2W32. Основная проблема работы с магнитограммами заключается в переводе информации с бумажного носителя на цифровой с целью оптимизации исследования магнитного поля Земли. Несмотря на то, что изучением магнитного поля Земли занимаются множество ученых по всему миру, а накопление магнитограмм происходит достаточно давно, на данный момент огромное количество материала, полученного в результате магнитных измерений, лежит мертвым грузом, так как исследования начали проводиться достаточно давно: в те времена, когда еще не было не только компьютеров, но и электрической лампы накаливания. Таким образом, большое количество магнитограмм на данный момент не оцифровано и находится в запасниках институтов по всему миру. Аналоговые магнитограммы являются практически единственным источником информации об изменении магнитного поля Земли в эпоху доцифровых измерений. Эти магнитограммы, в соответствии со стандартами IAGA, использовались в обсерваториях для получения среднечасовых значений полного

вектора магнитной индукции, доступных через систему Мировых центров данных (МЦД). Однако магнитограммы содержат больше информации, чем имеется в МЦД, например о быстрых вариациях. Кроме того, во многих случаях по ряду причин (проблемы с обработкой, передачей, организационные и тому подобные) в МЦД не представлены стандартные часовые данные, и архивы магнитограмм, имеющиеся в обсерваториях, остаются единственной возможностью восполнить эти пробелы в многолетних рядах. Международными и отечественными научными организациями и фондами были реализованы проекты по сохранению старых аналоговых магнитограмм – получение цифровых графических образов с требуемым разрешением и масштабированием, сопровождающихся необходимой дополнительной информацией (коэффициенты чувствительности, базисные значения и т.п.). Подобный проект по сохранению архива магнитограмм обсерватории «Паратунка» (РЕТ) за 1967–2006 гг. был выполнен в 2014 г. в ИКИР ДВО РАН при поддержке международной программы VarSITI.

Необходимо также учитывать, что научные лаборатории по всему миру, фиксировавшие изменение магнитного поля Земли на ранних этапах его изучения, работали не сообща, и это также осложняет проблему. На данный момент первые измерения магнитного поля Земли именно в цифровом виде существуют только с начала 1980-х гг., и сегодня большое количество полученных ранее магнитограмм нуждается в оцифровке, что очень важно для изучения магнитного поля Земли с учетом того, что процессы, происходящие на Земле, цикличны.

В настоящее время существует формат данных, разработанный International Association of Geomagnetism and Aeronomy (IAGA) – международной ассоциацией геомагнетизма и аэронавтики (МАГА), являющейся одной из восьми ассоциаций международного геодезического и геофизического союза. Плюсом данного

формата IAGA-2002 является совместимость с электронными таблицами данных. Данный формат предназначен для обмена геомагнитными данными (отсчетами и средними значениями), зарегистрированными на обсерваториях и вариационных станциях с временными интервалами от миллисекунды до среднемесячных значений включительно. Формат включает в себя данные о названии обсерватории, на которой проводились исследования, ее местоположении (широта, долгота), о высоте над уровнем моря, порядке, в котором записывались данные, типе оборудования, на котором они были получены и, конечно же, сами данные измерений магнитного поля. В данном формате имеются данные, начиная с 1997 г. Однако в настоящее время помимо обмена геомагнитными данными остается проблема перевода большого количества старых магнитограмм в оцифрованный вид. При этом для продуктивного изучения магнитного поля Земли в настоящее время нет инструмента, который бы в этом плане существенно упростил и ускорил работу ученых по всему миру, так как на данный момент отсутствует какое-либо достаточно эффективное средство для перевода магнитограмм, находящихся на бумажном носителе, в цифры, и этим, главным образом, обусловлена актуальность наших исследований.

Рассмотрение вопроса о наиболее известных существующих в настоящее время решениях данной проблемы показало, что, несмотря на их немалое количество, задача оптимизации изучения магнитного поля Земли посредством применения современных компьютерных технологий нуждается в дальнейшей проработке и исследованиях.

Действительно, существует большое количество информационных технологий, с помощью которых возможно реализовать процесс векторизации растровых изображений: Ортофотоплан; Delta; MicroStation & PlantSpace & InRoads; Zulu 5.2; GTXImage CAD; IcoPen; Сканер-карта; Easy Trace; Feature Analyst; RasterID; PlanTracer; Image Analyst; I/RAS C; I/RAS B; MicroStation Descartes; Vectory; Autodesk

CAD Overlay; Spotlight Pro; Spotlight; Autodesk Raster Design; МАГИС; GTX RasterCAD; Интелфото; Dkard Base Line; ГЕОР; Панорама; GEO+CAD; ИГС CityCom; GeoDraw; Талка; GeoVec Office; MapEDIT; ИнГео; PHOTOMOD; Интелвек; Digitals; RasterDesk; Raster Arts; R2W32 (R2V).

Каждая из приведенных систем имеет свои достоинства и недостатки, учитывая которые, мы отобрали для исследования метод оцифровки аналоговых магнитограмм в R2W32, так как программа R2W32 (или R2V) компании Able Software не требует особых специальных навыков работы и не нуждается в наличии больших технических ресурсов. Привязка растровых данных производится минимум по четырем опорным точкам. Для того чтобы выбрать опорную точку, достаточно поставить флажок на пункте Select Control Points меню Vector, затем с помощью мыши указать необходимую точку и в появившемся окне ввести координаты системы, в которую необходимо перевести растровое изображение. После выделения опорных точек в необходимой системе координат нужно выбрать команду Geo-Coded Coordinates меню View.

R2V способна работать с растровыми изображениями, а также воздушными и спутниковыми фотоснимками. Векторизация растровых изображений в данном программном продукте может производиться вручную, полуавтоматически и автоматически. Для полуавтоматического и автоматического режимов оцифровки требуется перевести цветное изображение в черно-белый вариант.

Каких-либо существенных недостатков при работе с данным программным продуктом при оцифровке аналоговых магнитограмм нами не было выявлено. Среди достоинств можно отметить то, что на выходе мы получаем файл с необходимой структурой для дальнейшей обработки (*.xyz); также данный программный продукт может использоваться как самостоятельное средство для оцифровки; позволяет использовать для оцифровки объекты разного типа (например, линии).

Файлы типа *.nog содержат информацию координатной привязки и имеют структуру: N_i ; t_i ; X_i ; Y_i , где N_i – номер ориентира; t_i – время регистрации ориентира; X_i и Y_i – координаты ориентира. Файлы типа *.tim содержат данные о значении наблюденного поля и имеют структуру: t_i ; T_i , где t_i – время замера; T_i – измеренная интенсивность магнитного поля.

Полученные файлы двух типов синхронизируют значения напряженности магнитного поля и координатную привязку точек наблюдения при их регистрации посредством общего параметра t_i .

Оцифровка карт графиков ведется на цифровом столе. Карты графиков представляют собой графики, совмещенные с линиями профилей, нанесенных на топографические трапеции. Они имеют выдержанный горизонтальный масштаб в двух направлениях. В итоге также имеем файлы *.tim и *.nog, которые сохраняются в базе данных и в дальнейшем увязываются.

Оцифровка графиков аналогична вводу карт графиков. Различие только в координатах для калибровки листа на столе. Результат – файлы *.tim и *.nog. Оцифровка карт изолиний ведется на цифровом столе. Результат в виде файла с расширением *.xut. Его структура: X , Y , Z , T , где X , Y – прямоугольные координаты; Z – высота полета или альтитуда местности; T – значение магнитного поля или любого другого параметра. Этот файл не нуждается в увязке и сохраняется в базе данных. После оцифровки производится просмотр введенного материала. Допущенные ошибки исправляются. Вся оцифрованная информация для целей безопасности информации сохраняется на архивных и резервных CD-дисках емкостью 700 Мб. Оцифрованный материал разделен на объекты. Каждому объекту присвоено индивидуальное имя, объект содержит описание (файл *.txt), координаты внешних границ участка (файл *.con), файлы исходного представления материала (*.ini) и собственно данные. Структура данных соответствует записи значения для каждой точки.

Существующие современные информационные технологии имеют свои

достоинства и недостатки, учитывая которые, мы отобрали метод оцифровки аналоговых магнитограмм с помощью R2W32, так как этот программный продукт может эффективно работать с растровыми изображениями. Каких-либо существенных недостатков при работе с данным программным продуктом при оцифровке аналоговых магнитограмм нами не было выявлено.

Общие принципы аналого-цифрового преобразования основаны на том, что берется мгновенное значение аналогового сигнала в определенные моменты времени и затем к нему прикладывается какая-либо мера, линейка, которая проградуирована в двоичном масштабе.

Двоичная линейка, в отличие от обычной, содержит не крупные единицы измерения, где, например, метр – это километр, поделенный на десять, дециметр – это метр, поделенный на десять, сантиметр – это дециметр, поделенный на десять, и так далее. Двоичная линейка, в отличие от обычной, содержит единицы измерения, поделенные пополам, затем еще раз пополам и так далее: деление на столько, на сколько хватит разрешающей способности. Если, например, длина всей линейки равна 5,12 м, а самое мелкое деление – 1 см, то таких делений будет 512 и их можно будет представить двоичным числом размером 1 байт или 9 двоичных разрядов.

Так же возможно измерять не только длину, но и магнитное поле Земли. В этом случае мы получаем последовательные отсчеты величины сигнала. Выбрав разрешающую способность и число разрядов, мы можем измерить величину не больше определенного значения, соответствующего максимальному числу. В противном случае надо будет увеличивать число разрядов, т.е. удлинять линейку, или же менять разрешающую способность в сторону ухудшения, т.е. растягивать ее. Такова, в общем, суть аналого-цифрового преобразования.

Встроенный аналого-цифровой преобразователь входит в состав почти всех микроконтроллеров, помимо простейших моделей. Точность аналого-цифрового

преобразования составляет плюс-минус 2 LSB, плюс еще 0,5 LSB за счет нелинейности по всей шкале. Аналого-цифровой преобразователь в микроконтроллере AVR может использовать три источника опорного напряжения на выбор: внешний, встроенный и напряжение питания аналоговой части.

Оцифровка документов, представляющая собой процесс перевода документов из традиционной (бумажной) формы в электронный (цифровой) вид с помощью специальных технических средств, в том числе программ оцифровки графиков, на основе R2W32 позволяет осуществлять преобразование аналоговых магнитограмм. Ведется работа по созданию авторского программного продукта, который бы позволял фиксировать не только среднечасовые значения полного вектора магнитной индукции, но и учитывать значения старых магнитограмм, доступных через систему мировых центров данных.

Программа R2W32 дает возможность оцифровывать аналоговые магнитограммы путем преобразования изображений растровых форматов: TIFF, BMP, PNG. Записанные в соответствующие форматы и векторизованные данные далее могут использоваться в различных программах для решения конкретных задач. Например, данные оцифрованного графика могут быть открыты в программе Excel для дальнейших расчетов.

Оцифровка аналоговых магнитограмм проводится так же, как и других графиков. Отличие в том, что при нумерации линий невозможно задать ID нецелыми значениями. Поэтому значения линий умножают, например, на 10 до получения целого числа, а потом после получения векторного файла значения ID делят на то же число.

На основе проведенного исследования автором осуществляется дальнейшее усовершенствование данного программного продукта при оцифровке аналоговых магнитограмм. В настоящее время автор работает над созданием такого программного продукта, который бы позволял учитывать не только

среднечасовые значения полного вектора магнитной индукции, доступные через систему Мировых центров данных, но и содержащуюся в магнитограммах информацию о быстрых вариациях магнитной индукции, а также стандартные часовые данные.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Смирнов Д. В. Методические указания к изучению курса «AutoCAD 2004 rus», Москва, 2004. [D. V. Smirnov Guidelines for the study of the course "AutoCAD 2004 rus", Moscow, 2004.]
2. 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. Vorobyov, G. R. Vorobyeva Web-based 2D/3D-visualization of the parameters of the geomagnetic field and its variations // Scientific visualization, 2017, vol. 9, No. 2, pp. 94-101.]
3. Воробьев А. В., Воробьева Г. Р. Индуктивный метод восстановления временных рядов геомагнитных данных // Тр. СПИИРАН, 2018, вып. 57, с. 104–133. [A. V. Vorobyov, G. R. Vorobyeva inductive method of reconstruction of time series of geomagnetic data // Tr. Spiran, 2018, issue. 57, pp. 104-133.]
4. Цифровые изображения магнитограмм, 2014, www.wdcb.ru/stp/magnetogr_list.ru.html [Digital images of magnetograms, 2014, www.wdcb.ru/stp/magnetogr_list.en.html].

ОБ АВТОРЕ

БОЛДОВ Сергей Сергеевич, асп. каф. АСУ. Дипл. математическое обеспечение и администрирование информационных систем (УГАТУ, 2018). Готовит дис. о применении современных компьютерных технологий в процессе оцифровки аналоговых магнитограмм.

METADATA

Title: Optimizing the study of The earth's magnetic field through the use of modern computer technology

Author: S. S. Boldov

Affiliation:

Ufa State Aviation Technical University (UGATU), Russia.

Email: 0000007@autorambler.ru

Language: Russian.

Source: Molodezhnyj Vestnik UGATU (scientific journal of Ufa State Aviation Technical University), no. 1 (20), pp. 19-24, 2019. ISSN 2225-9309 (Print).

Abstract: Discusses the problem of converting images of old magnetograms into a digitized form using the latest computer technology. The aim of our study is to use the latest information technologies in the process of digitization of analog magnetograms. Our tasks include the development of optimal software for processing analog magnetograms, including widespread software, the creation of the author's software product that would allow to take into account not only the hourly mean values of

the full magnetic induction vector, but also the information contained in the magnetograms about its fast variations, as well as standard hourly data.

Key words: magnetic field, geomagnetic data, analog magnetograms, digitization, software, bitmap, vectorization, vector image.

About author:

BOLDOV, Sergey Sergeevich, postgraduate 2 years of study at Ufa state aviation technical University.