

## ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 004.62

### ПОДХОД К СБОРУ ГЕОФИЗИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ О ЛОКАЛЬНЫХ МАГНИТНЫХ АНОМАЛИЯХ

А. Р. ВАХТЕРОВ<sup>1</sup>, Ф. Н. ИМАМОВ<sup>2</sup>, А. Г. РЕШЕТНИКОВ<sup>3</sup><sup>1</sup>myxomo.px@gmail.com, <sup>2</sup>fidanze@gmail.com, <sup>3</sup>btr180@gmail.com

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

**Аннотация.** В данной статье рассматриваются этапы разработки веб-ГИС для сбора данных о локальных геомагнитных аномалиях. Также рассматриваются задачи, решаемые данной ГИС, основные преимущества использования ОС *Android*, приводится сравнение различных технологий: для внедрения зависимостей и работы с протоколом HTTP, а также основные проблемы и возможные способы их решения при работе с фоновыми задачами. Рассматривается использование инструмента *Github Actions* в целях автоматизации процесса разработки. Также рассматривается процесс сборки и обработки данных о напряженности геомагнитного поля и подход к исследованию, обеспечивающий оптимальную координацию людей в процессе сбора данных.

**Ключевые слова:** ГИС; веб-приложение; СУБД; магнитное поле; аппаратное обеспечение; программное обеспечение; *android*-приложение; магнитные аномалии; магнитометр; мобильное приложение; GPS; СанПиН; GitHub actions; Google Play.

#### ВВЕДЕНИЕ

Как известно, электромагнитное поле существует всюду, а избавиться от его воздействия весьма сложно и требует больших затрат. Человек из-за своей физиологии не способен улавливать изменения электромагнитного поля и узнавать, когда оно оказывает на него негативное влияние. На текущий момент существует ряд нормативов, регулирующих показатели характеристик магнитного поля, принятых для минимизации воздействия ЭМП на человека. В России примером такого норматива является СанПиН 2.2.4.1191-03: «Электромагнитные поля в производственных условиях», который устанавливает норму напряженности магнитного поля равной умноженному на два значению собственного ЭМП Земли. Также существуют другие нормативы, регулирующие ЭМП промышленной частоты – СанПиН 2.2.4.1191-03: «Электромагнитные поля в производственных условиях».

Аномалии электромагнитного поля могут негативно влиять не только на человека, но также и на различные средства. Могут возникать искажения показателей магнитного компаса, и хоть сейчас существуют другие, более удобные способы навигации, такие как GPS и Глонасс, это может оказать критический эффект на судах в северной части России, где соединение со спутниками не всегда доступно, а навигация необходима.

Еще одно немаловажное влияние – это влияние на ориентацию птиц и обитателей гидросферы при миграции: из-за аномалий некоторые морские животные могут выбрасываться на берег, а птицы мигрировать не в ту часть света, в которую должны были бы.

Также аномалии могут исказить показатели магнитных инклинометров. Это значительно затруднит подземную навигацию и может мешать различным процессам: например начальным этапам строительства.

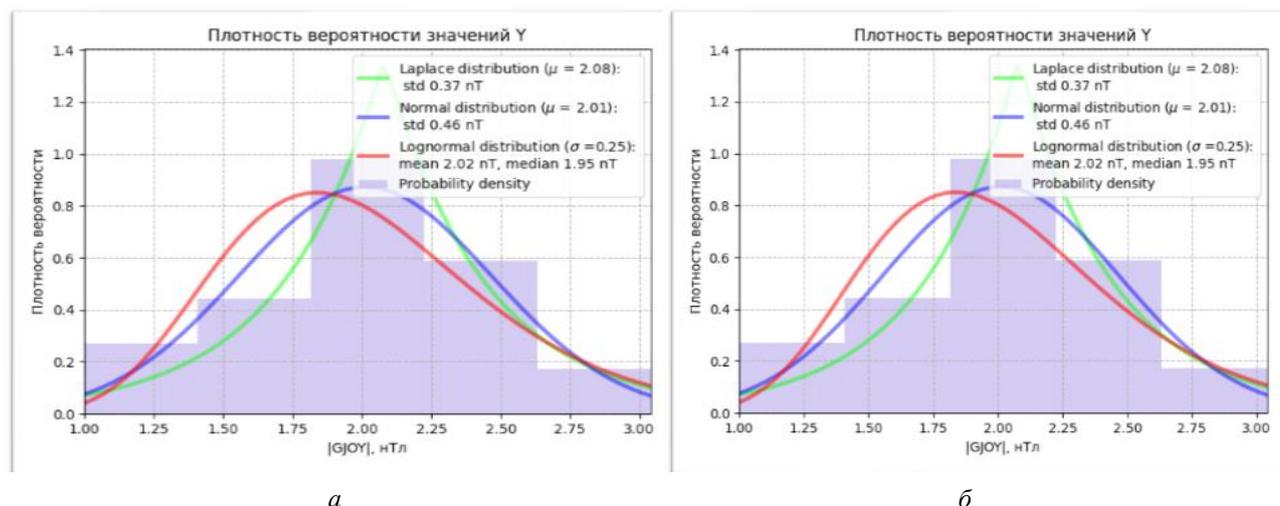


Рис. 1. Проведенные опыты по определению распределений значений показателей магнитометра

### ЦЕЛИ РАЗРАБОТКИ ГИС

Проект GeoMagScan разрабатывается с целью мониторинга локальных геомагнитных аномалий. Под локальными подразумевается определение небольших географических зон. В отличие от уже существующих проектов считается, что будут создаваться отдельные зоны (города или отдельные части селитебных территорий) и производиться процессы по сбору данных в этих зонах.

Географическое разрешение будет достаточно высоки: 5–20 м в зависимости от конкретных мобильных устройств и их датчиков GPS или GLONASS, а само решение за счет использования мобильных устройств на базе операционной системы *Android* – недорогим, т.к. не требует разработки аппаратных средств и стабильным: будут исключены случаи, когда все устройства выйдут из строя.

### ПОДХОД К СБОРУ И ОБРАБОТКЕ ДАННЫХ

Мобильные устройства обладают магнитометром с точностью в среднем 3мкТл, что позволяет зафиксировать геомагнитные аномалии. Для сбора единичного измерения планируется собрать 300 показаний магнитометра – по 3 компоненты вектора напряженности в каждом показании. После чего отфильтровать показания каждой оси (компонента вектора) по правилу 3 сигм, выбрать из полученных значений средние, и взять длину вектора, состоящего из этих значений. Длина вектора будет являться финальным значением измерения.

Необходимость сбора 300 показаний обусловлена следующими факторами: чем выше количество показаний, тем точнее результат, однако эмпирическим путем было выявлено, что пользователь будет находиться в 1 точке не более 3 секунд с учетом точности датчика *GPS/GLONASS*. И на сбор 300 значений уходит в среднем 3 секунды. Стоит отметить, что сбор именно 300 значений за 3 секунды не критичен, и дальнейший алгоритм будет корректно работать даже если соберется больше или меньше значений.

Возможность фильтрации по правилу 3 сигм исходит из проведенных опытов (рис. 1): было проведено несколько опытов, при которых 300 временных рядов (показаний магнитометра) имели нормальное распределение. Сама же фильтрация необходима для исключения кратковременных выбросов и увеличение точности.

Алгоритм фильтрации по правилу 3 сигм устроен следующим образом: для каждой оси берутся показания. Из них берется среднее значение. После этого находится среднеквадратическое отклонение. Из массива значений убираются те, у которых разница со средним значением более 3 сигм.

Ниже приведена формула, использованная в алгоритме фильтрации по правилу 3 сигм.

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

где  $\sigma$  – среднее квадратичное отклонение (сигма),  $n$  – количество измерений,  $x_i$  – измерение,  $\bar{x}$  – среднее значение измерений.

Для построения гистограмм использовалось правило Стёрджеса. Это эмпирическое правило, позволяющее определить оптимальное количество отрезков, на которые необходимо разбить наблюдаемый диапазон случайных величин в ходе создания гистограммы плотности распределения. Количество интервалов можно описать следующей формулой.

$$n = 1 + \log_2 N,$$

где  $N$  – общее число наблюдений величины,  $n$  – количество интервалов для гистограммы.

Построение гистограмм не является частью системы, оно проводилось лишь для подтверждения возможности использования фильтрации по правилу 3 сигм. Для этого было разработано отдельное программное решение на языке программирования *Python* с использованием библиотек *Matplotlib*, *scipy* и *numpy*.

Создание итогового вектора и вычисление ее величины обусловлено необходимостью исключения влияния поворота мобильного устройства.

### МЕТОДОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для получения качественной карты с отображением геомагнитных аномалий необходимо собрать данные о местности равномерно по площади. Предполагается, что будут проводиться отдельные миссии по исследованию, которые будут требовать координации людей. Для облегчения задачи координации людей по площади были введены «Зоны исследования» – это полигоны, размещенные на карте, которые делят исходную местность на более мелкие кластеры. Благодаря «Зонам исследования» можно распределить необходимое количество участников исследования в различные участки, а также отобразить им уже исследованные области. В апреле 2021 года была проведена первая миссия по исследованию, в ходе которой была подтверждена польза похода с делением на «Зоны исследования».

Для отладки и повышения качества обратной связи в приложение был введен функционал логирования. В отдельной вкладке, которая доступна всем пользователям, создаются записи о каждом осуществленном действии и возможных ошибках. Это позволяет пользователям при сообщении об ошибке прикрепить логи и команде разработке дать лучшее понимание того, в каком участке системы возникает ошибка. Необходимость данного функционала обусловлена отсутствием встроенного аналогичного функционала в операционной системе Android.

### ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД К РАЗРАБОТКЕ ПРИЛОЖЕНИЯ

На начальных этапах разработки был осуществлен выбор операционной системы *Android*, т.к. по статистике большее количество работает на базе этой ОС. Также был рассмотрен вариант разработки кроссплатформенного приложения с помощью программных средств *Flutter*

и *ReactNative*. Этот вариант был отклонен: несмотря на большее покрытие устройств, разработка заняла бы больше времени, т.к. некоторые процессы, например, такие как работа в фоновом режиме, требуют отдельной настройки под каждую операционную систему. А эта настройка усложняется при использовании вышеперечисленных средств.

В ходе разработки приложения *GeoMagScan* для ОС *Android* (далее приложение) была выявлена необходимость в использовании программных средств, позволяющих реализовать подход «внедрение зависимостей» (*Dependency Injection*, далее *DI*). Эта необходимость обусловлена архитектурой приложений: для выполнения любого системного действия требуется *Context*, а также тем, что приложением имеет несколько компонент, которые выполняют различные функции и нуждаются друг в друге: компонент, осуществляющий отправку данных, компонент получения геолокации и др.

Было проведено сравнение существующих программных средств: *Dagger*, *ButterKnifeLite*, *GhostFish* и *Hilt*. В ходе анализа их особенностей предпочтение было отдано *Hilt*: *ButterKnifeLite*, как и *GhostFish* достаточно просты в освоении и использовании, однако требуют больших затрат на реализацию и не сильно облегчают подход *DI*. *Dagger* – достаточно сложен, хоть и облегчает дальнейшую разработку. Он нерелевантен при рассмотрении перспектив дальнейшего расширения команды разработки. *Hilt* – является надстройкой над *Dagger*, а его изучение заметно проще.

*Hilt* позволяет реализовать внедрение зависимостей без создания областей видимости и модулей, которые необходимы в *Dagger*. Он изначально создает стандартные области видимости (для всего приложения) и 1 модуль, в котором будут находиться все зависимости.

Также был выбран *HTTP* как протокол общения с сервером приложений, а для работы с *HTTP*-запросами было выбрано программное средство. *OkHttp*, так как оно является самым простым и одновременно покрывает все необходимые нужды приложения.

Протокол общения с сервером устроен следующим образом: после сбора всех необходимых измерений приложение формирует *JSON*-объект, который содержит полученное измерение, а также координаты, дату и время, и уникальный идентификатор пользователя. Для облечения дальнейшего развития приложения в протоколе предусмотрен способ отправки единовременно большого количества измерений. Этот функционал необходим для реализации сбора данных без сети и последующей их отправки.

Для получения большего количества данных было принято решение о необходимости добавления функционала работы в фоновом режиме. Так как *Android* накладывает ограничения на сервисы работающие в фоновом *BackgroundService*: получение данных с датчиков не реже одного раза в несколько минут, был выбран *ForegroundService*, который позволяет работать приложения в фоновом режиме, однако лишь пока открыто приложение и с обязательным уведомлением пользователя. Данный функционал оказался неработоспособен на мобильных устройствах некоторых производителей из-за программных ограничений, однако их процент низок.

Для точности получения координат пользователя используется *Fused Location Provider API*. Это компонент приложения *Google Play Services*, который позволяет получать данные о местоположении пользователя с большей точностью. Также использование этого инструмента вместо обычного обращения к датчику *GPS* – является прямой рекомендацией компании *Google*.

Также в приложении оставлена возможность получения данных напрямую с датчика *GPS*, для случаев использования приложения пользователями, у которых не установлен *Google Play Services*.

#### АВТОМАТИЗАЦИЯ РАЗРАБОТКИ

Для автоматизации процессов разработки был использован программный инструмент *GithubActions*. Благодаря ему получилось достичь автоматической сборки приложения и отправ-

ки его в канал по разработке в мессенджер. Это ускорило процесс разработки за счет исключения необходимости ручной сборки приложения, а также процесс тестирования за счет автоматической доставки приложения группе тестировщиков. Также благодаря *GithubActions* были подключены уведомления об ошибках при сборке и новых версиях. Данный инструмент был выбран за счет своей простоты в использовании, а также из-за того, что исходные коды мобильного приложения и сервера приложений находятся в сервисе *GitHub*.

Вся простота *GithubActions* заключается в том, что каждый обработчик описывается на языке *YAML*. Общая схема представлена на рис. 2. При этом каждый обработчик имеет следующие основные блоки: Название, событие (или события) при которых он выполняется и задачи. Событиями могут являться как события самого *git* (*commit*, *push* и др.), так и те, что предоставляет *github* (создание вопроса – *issue* и пользовательские события). Задачи же описываются в виде последовательно исполняемых шагов. Благодаря реализованной системе передачи переменных и сохранения результатов можно осуществлять взаимодействие между шагами.

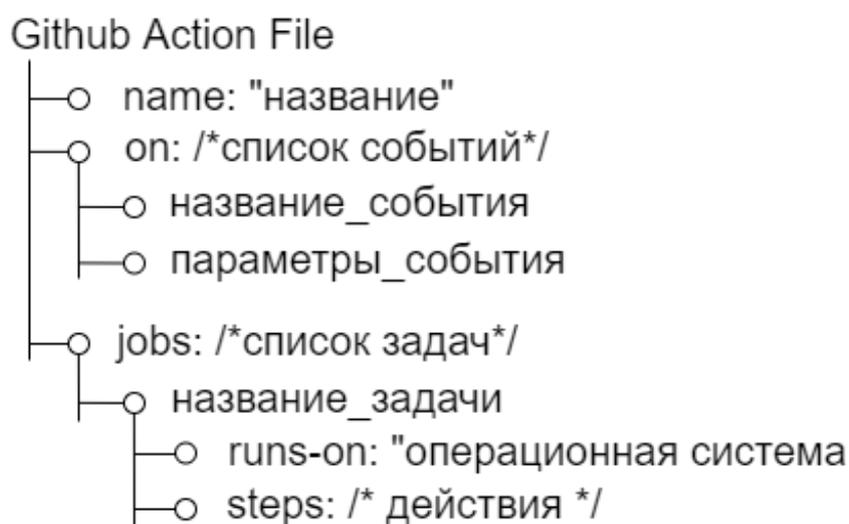


Рис. 2. Синтаксическая диаграмма *YAML*-документа описывающего *Github Action*

Каждый шаг (они в *Github Actions* называются как *action*), может выполняться 3 способами: исполнить консольную команду, скачать образ *Docker*, развернуть и запустить его (самый затратный вариант), либо же подтянуть репозиторий *action*, написанного на языке *JavaScript* и выполнить его. Благодаря этому в системе автоматизации можно выполнить практически все, что можно выполнить на своем устройстве.

Для большинства нужд уже реализованы действия: компилятор для *Java*-кода, боты для различных чатов, которые позволяют отправлять сообщения, *Docker*-образ программы, публикующей приложение в *Google Play* и др.

Ниже приведен работающий пример *action*, который выполняет сборку *Android*-приложения и выкладывает файл в *github* (рис. 3).

```
1 name: Build APK Release
2 on:
3   push:
4     branches: [ development ]
5 jobs:
6   build:
7     runs-on: ubuntu-latest
8     steps:
9     - uses: actions/checkout@v2
10    - name: send 'Build started'
11      uses: appleboy/telegram-action@master
12      with:
13        to: ${ secrets.TELEGRAM_TO }
14        token: ${ secrets.TELEGRAM_TOKEN }
15        message: |
16          [Mobile] Push to dev.
17          Starting build apk
18          Commit message:"
19    - name: set up JDK 1.8
20      uses: actions/setup-java@v1
21      with:
22        java-version: 1.8
23    - name: Make Gradle executable
24      run: chmod +x ./gradlew
25    - name: Build with Gradle
26      run: ./gradlew build
27    - name: Build Debug APK
28      run: ./gradlew assembleDebug
29    - name: Get Apk Version
30      uses: JantHsueh/get-apk-info-action@1.0
31    id: apk
```

Рис. 3. Пример *Github Action* для сборки и отправки приложения

В целях безопасности в *Github Actions* реализованы секреты – некоторые параметры, которые указываются в настройках проекта без возможности их чтения разработчиками.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной статье представлены этапы разработки геоинформационной системы для локального мониторинга геомагнитных аномалий. Были рассмотрены основные цели разработки, а также аргументирован выбор операционной системы, и программных средств разработки.

Был описан алгоритм сбора и обработки измерений: описан и обоснован выбор алгоритма фильтрации по правилу 3 сигм, для избавления временных рядов измерений от кратковременных выбросов. Для этого было проведено эмпирическое исследование, в ходе которого было определено распределение плотности значений измерений. А также описаны причины сбора измерений на протяжении 3 секунд и работы с длиной вектора, для игнорирования поворота мобильного устройства.

Описан процесс автоматизации разработки с помощью *Git Hub Actions*: создание оповещений в канал по разработке в мессенджер и автоматическая сборка и отправка приложения.

Также описана методология исследования – функционал «Зон исследования», т.е. деление конкретной области, для которой необходимы измерения, на меньшие кластеры, а также отображение их пользователям для лучшей координации на момент исследования.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Система динамической визуализации геомагнитных возмущений по данным наземных магнитных станций Научная визуализация / Воробьев А.В., Пилипенко В.А., Еникеев Т.А., Воробьева Г.Р., Христовуло О.И. // Научная визуализация. 2021. Т. 13. № 1. С. 162-176 [A. V. Vorobev, V.A. Pilipenko, T.A. Enikeev, G.R. Vorobeve, O.I. Khristodulo, "Dynamic visualization system of geomagnetic disturbances based on data from ground-based magnetic stations", (in Russian), in Scientific visualization, vol. 13, no. 1, pp. 162-176, 2021]

2. Геоинформационная система для анализа динамики экстремальных геомагнитных возмущений по данным наблюдений наземных станций / **Воробьев А.В., Пилипенко В.А., Еникеев Т.А., Воробьева Г.Р.** // Компьютерная оптика. 2020. Т. 44. № 5. С. 782-790. [A. V. Vorobev, V.A. Pilipenko, T.A. Enikeev, G.R. Vorobeveva, "Geographic information system for analyzing the dynamics of extreme geomagnetic disturbances based on observations of ground stations", (in Russian), in Computer optics, vol. 44, no. 5, pp. 782-790, 2020]

3. Веб-ориентированная визуализация геофизических параметров в области аврорального овала / **Воробьев А.В., Пилипенко В.А., Решетников А.Г., Воробьева Г.Р., Белов М.Д.** // Научная визуализация. 2020. Т. 12. № 3. С. 108-118. [A. V. Vorobev, V.A. Pilipenko, A.G. Reshetnikov, G.R. Vorobeveva, M.D. Belov, "Web-based visualization of geophysical parameters in the area of the auroral oval", (in Russian), in Scientific visualization, vol. 12, no. 3, pp. 108-118, 2020]

4. **Воробьев А.В., Воробьева Г.Р.**, Визуализация геомагнитных вариаций в частотно-временной области информационного сигнала // Научная визуализация. 2019. Т. 11. № 2. С. 143-155 [A. V. Vorobev, G.R. Vorobeveva, "Visualization of geomagnetic variations in the time-frequency domain of the information signal" // (in Russian), in Scientific visualization, vol. 11, no. 2, pp. 143-155, 2019]

5. **Воробьев А.В., Воробьева Г.Р.**, Подход к оценке относительной информационной эффективности магнитных обсерваторий сети intermagnet // Геомагнетизм и аэронавигация. 2018. Т. 58. № 5. С. 648-652 [A. V. Vorobev, G.R. Vorobeveva, "An approach to assessing the relative information efficiency of intermagnet magnetic observatories" // (in Russian), in Geomagnetism and Aeronomy, vol. 58, no. 5, pp. 648-652, 2018]

6. **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. Vorobeveva, "Web-based 2D / 3D visualization of geomagnetic field parameters and its variations" // (in Russian), in Scientific visualization, vol. 9, no. 2, pp. 94-101, 2017]

7. Статистические взаимосвязи вариаций геомагнитного поля, аврорального электроджета и геоиндуцированных токов / **Воробьев А.В., Пилипенко В.А., Сахаров Я.А., Селиванов В.Н.** // Солнечно-земная физика. 2019. Т. 5. № 1. С. 48-58. [A. V. Vorobev, V.A. Pilipenko, Y.A. Sakharov, V.N. Selivanov, "Statistical relationships of variations in the geomagnetic field, auroral electrojet and geoinduced currents", (in Russian), in Solar-terrestrial physics, vol. 5, no. 1, pp. 48-58, 2019]

8. **Стурман В.И.**, Картографирование электромагнитных полей промышленного диапазона частот в городе Белгороде // Научные ведомости, №18. с. 183-191, 2017 [V.I. Sturman, "Mapping of electromagnetic fields of industrial frequency range in the city of Belgorod" // (in Russian), in Scientific statements, no. 18, pp. 183-191, 2017]

9. **Прокофьева А.С., Григорьев О.А.**, Магнитное поле воздушных линий электропередач в Московском регионе: обобщенные результаты измерений и их оценка // Гигиена. 2014. - С. 761-765 [A.S. Prokofeva, O.A. Grigorev, "The magnetic field of overhead power lines in the Moscow region: generalized measurement results and their assessment" // (in Russian), in Hygiene, pp. 761-765, 2014]

10. **Стурман В.И.** Картографирование электромагнитных полей промышленного диапазона частот в городе Петрозаводске // Принципы экологии, с. 73-76, 2017 [V.I. Sturman, "Mapping of electromagnetic fields of industrial frequency range in the city of Petrozavodsk" // (in Russian), in Ecological principles, pp 73-76, 2017]

11. **Гошин М.Е., Банин И.М.**, Оценка суммарной реальной нагрузки электромагнитных полей промышленной частоты 50 Гц от различных источников в местах наиболее длительного пребывания человека // Безопасность здоровья человека, №2. с. 12-26, 2017 [M.E. Goshin, I.M. Banin "Assessment of the total real load of electromagnetic fields of industrial frequency 50 Hz from various sources in the places of the longest stay of a person" // (in Russian), in Human health safety, no. 2, pp. 12-26, 2017]

12. **Губернский Ю.Д., Гошин М.Е., Банин И.М.** Оценка уровней воздействия электромагнитных полей промышленной частоты от различных источников в условиях жилой и офисной среды // Гигиена и санитария, №96. с. 1045-1048, 2017 [Y.D. Guberninsky, M.E. Goshin, I.M. Banin "Assessment of the levels of exposure to electromagnetic fields of industrial frequency from various sources in a residential and office environment" // Hygiene and sanitation, no. 96, pp. 1045-1048, 2017]

#### ОБ АВТОРАХ

**ВАХТЕРОВ Александр Радикович**, студент УГАТУ, ФИРТ, «Информационные системы и технологии».

**ИМАМОВ Фидан Назимович**, студент УГАТУ, ФИРТ, «Информационные системы и технологии».

**РЕШЕТНИКОВ Андрей Георгиевич**, студент УГАТУ, ФИРТ, «Информационные системы и технологии».

#### METADATA

**Title:** Geographic information system for collecting data on local magnetic anomalies.

**Authors:** A. K. Vakhterov<sup>1</sup>, F. N. Imamov<sup>2</sup>, A. G. Reshetnikov<sup>3</sup>

**Affiliation:** Ufa State Aviation Technical University (UGATU), Russia.

**Email:** <sup>1</sup> myxomo.px@gmail.com, <sup>2</sup> fidanze@gmail.com, <sup>3</sup> btr180@gmail.com,

**Language:** Russian.

**Source:** Molodezhnyj Vestnik UGATU (scientific journal of Ufa State Aviation Technical University), no. 1 (24), pp. 5-12, 2021. ISSN 2225-9309 (Print).

**Abstract:** This article discusses the stages of developing a web GIS for collecting data on local geomagnetic anomalies. The problems solved by this GIS are also considered, the main advantages of using the Android OS, a comparison of various technologies is given: for injecting dependencies and working with the HTTP protocol, as well as the main problems and possible ways to

solve them when working with background tasks. The process of collecting and processing data on the intensity of the geomagnetic field and an approach to research that provides optimal coordination of people in the process of collecting data are also considered.

**Key words:** GIS; Web application; DBMS; magnetic field; hardware; software; android application; magnetic anomalies; magnetometer; mobile application; GPS; SanPiN; GitHub actions.

**About authors:**

**VAKHTEROV, Alexander Radikovich**, student of Ufa State Aviation Technical University (USATU), Information systems and technologies.

**IMAMOV, Fidan Nazimovich**, student of Ufa State Aviation Technical University (USATU), Information systems and technologies.

**RESHETNIKOV, Andrey Georgievich**, student of Ufa State Aviation Technical University (USATU), Information systems and technologies.