

Прогнозирование извержений вулканов с помощью математических и программных инструментов

Жиляева И.А., кандидат экономических наук, доцент кафедры «Прикладная информатика», ФГБОУ ВО «Московский политехнический университет», Москва, Россия

Осипов А.В., кандидат физико-математических наук, доцент кафедры «Прикладная информатика», ФГБОУ ВО «Московский политехнический университет», Москва, Россия

Суворов С.В., кандидат экономических наук, доцент кафедры «Прикладная информатика», ФГБОУ ВО «Московский политехнический университет», Москва, Россия

Трофимова В.В., магистрант кафедры «Прикладная информатика», ФГБОУ ВО «Московский политехнический университет», Москва, Россия.

Аннотация. Данная статья описывает основные этапы разработки прогноза извержения вулкана. В ней содержится перечисление основных методов прогнозирования и краткое описание вместе со сравнением самых перспективных методов анализа больших данных, необходимых для подобных прогнозов.

Ключевые слова: вулкан, распределённые вычисления, BigData, Data Science.

Forecasting volcanic eruptions using mathematical and software tools

Zhilyaeva I.A., candidate of economic sciences, Associate Professor of the «Applied Informatics» Department at the Moscow polytechnic University, Moscow, Russia

Osipov A.V., candidate of physico-mathematical sciences, Associate Professor of the «Applied Informatics» Department at the Moscow polytechnic University, Moscow, Russia

Suvorov S.V., candidate of economic sciences, Associate Professor of the «Applied Informatics» Department at the Moscow polytechnic University, Moscow, Russia

Trofimova V.V., magistrate of the «Applied Informatics» Department at the Moscow polytechnic University, Moscow, Russia

Annotation. This article describes the key stages in the development of a volcanic eruption forecast. It contains a list of the main forecasting methods and a brief description with a comparison of the most promising big data analysis methods needed for such forecasts.

Keywords: volcano, distributed computing, BigData, DataScience.

Чтобы осуществлять прогнозирование вулканических извержений, нужно вести за ними постоянные наблюдения в течение ряда лет, причем на многих объектах и в разных частях света. Этим занимается целая наука — вулканология. Собранные данные обладают огромным объёмом и разрозненной структурой. Значит, для их анализа вполне применимы технологии и алгоритмы BigData.

Прогнозы классифицируют:

1) По временному охвату: краткосрочные; среднесрочные; долгосрочные.

2) По типу прогнозирования: экстраполятивные; альтернативные.

3) По степени вероятности событий: варианты; инвариантные.

4) По способу представления результата: точечные; интервальные.

В современном научном обществе для «предсказаний» извержений вулканов используются стандартные методы, среди которых: методы корреляционного анализа, методы регрессионного анализа, математическое моделирование, распознавание образов, методы временных рядов и др.

Сейчас в мире существует достаточное количество возможностей, чтобы отслеживать часть данных, требующих для прогноза извержений вулкана. Среди них можно выделить: сейсмические мониторы, обновление на которых

происходит каждые 20-30 минут, различные сервисы, вроде EMSC и GoogleMaps, карты сейсмической активности от IRIS и др.

В настоящее время применяются различные способы прогнозирования извержений, которые базируются на исследованиях причинно-следственных связей и происходящих до, во время и после извержений процессов. Стоит отметить, что учитываются самые различные показатели, начиная от температуры горных пород и заканчивая поведением определённых видов живых организмов в периоды, предшествующие извержениям и землетрясениям.

Особенно стоит отметить такие способы, как:

Аэрофотосъёмка в инфракрасных лучах,

– Наблюдение за температурой, цветом и составом воды окружающих водоёмов,

– Метод изучения магнитного поля вблизи вулкана,

– Контроль какого-либо выделенного признака в определённые промежутки времени (желательно, в моменты прохождения Землёй афелия и перигелия),

– Наземная магнитная съёмка,

– Анализ данных сервиса GoogleMaps.

Так как нельзя сказать, что один конкретный метод способен дать удовлетворительное решение для различных вулканов, находящихся в разных частях света и обладающих уникальными особенностями, то разумным считается использование комбинаций методов. Учитывая, что данные, необходимые для анализа, получаются с разнообразных приборов и имеют большие объёмы, приходим к необходимости использовать компьютерные вычисления и алгоритмы, позволяющие относительно быстро обрабатывать такое количество разнородных данных. Следовательно, здесь вполне применимы технологии BigData, например, пространственное партиционирование.

Некоторые готовые предложения для решения задачи обработки больших геоданных:

a) GeoMesa – позволяет распределённо обрабатывать, анализировать и визуализировать большие пространственно-временные данные (потoki данных датчиков), имеет свой ГИС-сервер;

b) GeoWave – предназначен для визуального представления многомерных массивов данных, использует расширения MapReduce для обработки данных и плагин GeoServer для визуализации;

c) GeoTrellis – позволяет создавать REST-сервисы для обращения моделям геопроцессинга, инструменты – Scala, Akka, для распределённых вычислений - ApacheSpark;

d) GeoJinni – расширение для Hadoop, добавляет геопространственные функции и новый тип данных для хранения и обработки данных;

e) GIS Tools for Hadoop – содержит инструменты различных уровней, самым интересным из которых для данной задачи являются Geoprocessing Tools for Hadoop, которые предназначены для распределённых вычислений в приложениях (Hadoop+ArcGIS).

Пример нейросети, обученной определять тип извержения по форме частичек вулканического пепла

Алгоритм автоматической классификации мелких частичек вулканического пепла основан на работе сверточной нейронной сети и может определить одну из четырех возможных форм частицы с точностью до 92 процентов.

После извержения вулкана в воздухе и на земле оседает вулканический пепел — продукт измельчения магмы, диаметр отдельных частиц которого не превышает двух миллиметров. В зависимости от типа извержения форма этих частичек может быть разной: к примеру, при извержении магмы низкой вязкости частички вулканического пепла имеют вытянутую форму, похожую на каплю. Для анализа последствий извержения частички пепла изучают в лаборатории и классифицируют вручную: тем не менее, из-за того, что их форма не гомогенна, это может быть очень сложно.

Были выбраны образцы вулканического пепла трех типов извержений:

магматического – тип А, фреатомагматического (извержения при взаимодействии магмы с водой) – тип В и бескорневого (извержение, которое происходит при контакте лавы с влажным грунтом около жерла) – тип С. Были выделены четыре формы частичек пепла (блочную, везикулярную, вытянутую и круглую) и обучена сверточную нейросеть их определять. Получая на вход изображение частички размером 50x50 пикселей, нейросеть анализирует распределение пикселей разных цветов, сравнивая их с изображениями частиц разной формы.

Обученная нейросеть научилась автоматически определять форму частиц вулканического пепла с точностью до 92 процентов: в том случае, если нейросети не удавалось выдать точный ответ, определить его можно было вручную, сравнив вероятность попадания в определенный класс.

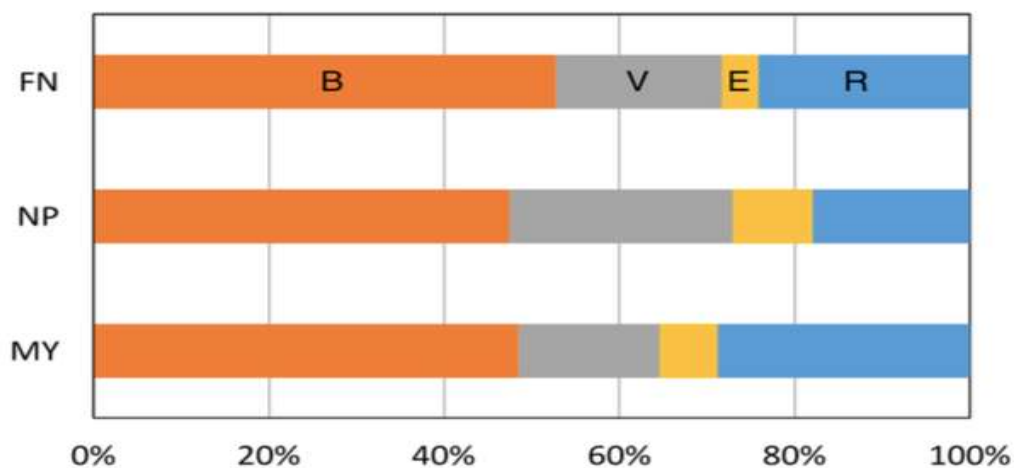


Рис. 1 – Распределение частичек разной формы вулканического пепла типа А, типа В и типа С. Формы: В — блочный, V — везикулярный, E — зауженный, R — округлый.

Алгоритму удаётся эффективно кластеризовать частицы по форме.

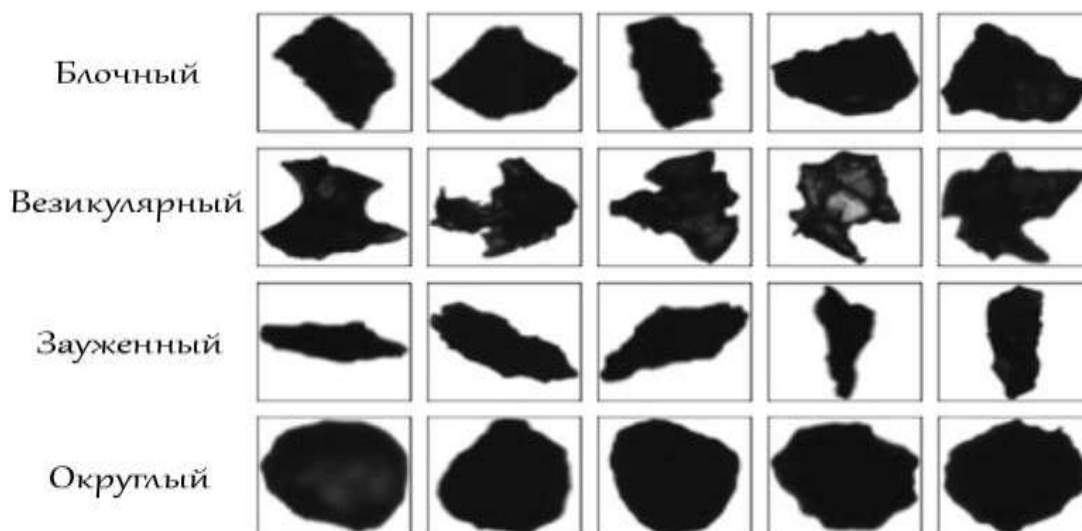


Рис. 2 – Формы частиц вулканического пепла

Однако форма частиц вулканической пыли далека от идеала и для повышения качества распознавания необходимо в дальнейшем собрать масштабный датасет для улучшения работы нейросети [7].

С учётом описанных в предыдущем пункте готовых решений, можно сделать вывод, что для использования подойдёт любой из них, ведь у каждого есть свои преимущества, и делать вывод о большей пригодности конкретного необходимо только исходя из данных поставленной задачи.

Также, предлагается использовать для обработки входных данных искусственную нейронную сеть, которая поможет отделить важнейшие данные из общего их массива. Нынешний уровень разработанных решений для предсказаний извержений позволяет делать прогнозы только с 60-70% вероятностью. Представленный в статье пример работы нейронной сети требует накопления большего, чем имеется сейчас, датасета, но уже даёт интересные положительные результаты. Следовательно, необходимо продолжать накапливать данные о различных формах активности вулканов и пробовать использовать предложенные инструменты для их анализа.

Библиографический список

1. Бестужев-Лада И.В. Рабочая книга по прогнозированию. – М.: Мысль, 1982. 430 с.

2. Влодавец В.И. Вулканы мира. 2-е изд. – М.: Наука, 2007.
3. Лучицкий И.В. Основы палеовулканологии. 2-е изд. – М., 2000. 864 с.
4. Неймайр М. Вулканы и землетрясения. СПб.: общ. печ. дела в России Е.Евдокимов, 1902. с. 220.
5. Павлов А.П. Вулканы, землетрясения, моря и реки. – М.: Издательство московского общества испытателей природы, 1948. 248 с.
6. Шебалин Н.В. Закономерности в природных катастрофах. 2-е изд. – М.: Знание, 2005. – 48 с.
7. Hino et al. / Scientific Reports May 2018.

References

1. Bestuzhev-Lada I.V. Forecasting Workbook. – М.: Thought, 1982.230 p.
2. Vlodavets V.I. Volcanoes of the world. 2nd ed. – М.: Science, 2007.
3. Luchitsky I.V. Fundamentals of paleovolcanology. 2nd ed. – М., 2000. – 864 p.
4. Neymayr M. Volcanoes and earthquakes. SPb.: General press affairs in Russia E. Evdokimov, 1902. p. 220.
5. Pavlov A.P. Volcanoes, earthquakes, seas and rivers. – М.: Publishing House of the Moscow Society of Naturalists, 1948. 248 p.
6. Shebalin N.V. Patterns in natural disasters. 2nd ed. – М.: Knowledge, 2005. – 48 p.
7. Hino et al. / Scientific reports May 2018.