

ПРОЕКТ ПОВЫШЕНИЯ ПРЕДСКАЗАТЕЛЬНОГО ПОТЕНЦИАЛА СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕЖДУНАРОДНЫХ И НАЦИОНАЛЬНЫХ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ IOT

¹Сарьян В.К., ²Любушин А.А.

¹Федеральное государственное унитарное предприятие Научно-исследовательский Институт радио (НИИР), 105064, Россия, Москва, улица Казакова, 16, e-mail: sarian@niir.ru

²Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта Российской академии наук (ИФЗ РАН), 123242, г. Москва, Б. Грузинская ул., д. 10, стр. 1, e-mail: lyubushin@yandex.ru

Предлагается проект анализа многомерных временных рядов, формируемых потоком данных от систем интернета вещей (IoT) для выделения краткосрочных предвестников землетрясений. В основу проекта положен поиск эффектов синхронизации (повышенной когерентности) вариаций регистрируемых сигналов и анализ структуры их шумовой компоненты.

Ключевые слова: синхронизация, мониторинг, интернет вещей, прогноз землетрясений, мультифракталы, энтропия.

PROPOSED INCREASE CAPACITY PREDICTIVE EXISTING INTERNATIONAL AND NATIONAL MONITORING EARTHQUAKE WITH IOT

¹Saryan V.K., ²Lobushin A.A.

¹Federal State Unitary Enterprise Research Institute (NIIR), 105064, Russia, Moscow, street Kazakova, 16, e-mail: sarian@niir.ru

²Federal State Institution of Science Institute of Physics of the Earth. OJ Schmidt RAS (IPE RAS), 123242, Moscow, Gruzinskaya St., 10, p 1, e-mail: lyubushin@yandex.ru

Draft analysis of multivariate time series generated by the flow of data from the internet systems of things (IoT) for allocation of short-term earthquake precursors. The project is based on searching synchronization effects (increased coherency) variations of the recorded signals and the analysis of their noise components of the structure.

Keywords: synchronization, monitoring, Internet of Things, earthquake prediction, multifractals entropy.

Ежегодно землетрясения являются источником больших материальных и людских потерь в разных частях Земли. Поэтому международное сообщество и отдельные страны уделяют огромное внимание разработке и эксплуатации систем мониторинга землетрясений. Эти системы являются хорошей экспериментальной базой для ученых-геофизиков, которые изучают причины возникновения землетрясений и выявляют очаги их возникновения. В итоге составляются карты возможных очагов будущих землетрясений и определяются возможные сроки их возникновения.

Однако предсказательный потенциал таких систем довольно низок (он не имеет практического повседневного хозяйственного значения) и, хотя эти данные каким-то образом используются в строительстве

и учитываются при развитии социальной инфраструктуры, случай землетрясения застает администрацию и жителей данного региона всегда врасплох. И, как следствие, большие материальные и людские потери.

Повышение предсказательного потенциала связано с поиском и фиксацией сигналов – предвестников землетрясений. Однако используемые в настоящее время датчики малочувствительны к сигналам-предвестникам землетрясений, на датчике они отражаются на фоне шумов. Поэтому разрабатываются различные математические методы для выявления на фоне шумов сигналов-предвестников землетрясений.

Для обработки потока данных в системе IoT с целью выделения прогностических признаков приближающихся катастрофических изменений в окружающей среде предлагается применить методы анализа многомерных временных рядов мониторинга, целью которых является выделение эффектов повышенной когерентности изменений, регистрируемых полем датчиков, которые также можно назвать синхронизацией. Методы были разработаны для анализа временных рядов систем геофизического мониторинга для целей поиска принципиально новых предвестников землетрясений. Применение разработанных алгоритмов к данным IoT позволит выйти в более короткий временной масштаб перед катастрофой, то есть перейти к практической реализации краткосрочных предвестников.

Одной из фундаментальных проблем геофизического мониторинга является так называемая «комплексация» измерений. Обычно под ней подразумевают совместное использование наблюдений за различными геофизическими полями или одним и тем же полем, но в разных пунктах измерения, или и то и другое одновременно. В основе идеи комплексации лежит гипотеза, что из большого числа наблюдаемых параметров можно извлечь некоторый слабый общий сигнал, который тонет в сильных помехах при отдельном рассмотрении каждого индивидуального измерения. Основной особенностью такого общего сигнала должна быть его когерентность (коррелированность) в различных наблюдениях, использование которой позволяет выделить сам факт существования общей компоненты, даже несмотря на то, что частотный состав общего сигнала может совпадать с частотным составом сильных локальных помех.

Когерентность (или синхронизация) поведения характеристик сложной системы, описываемыми данными различной природы и структуры, является важным признаком, позволяющим оценить ее приближение к резким изменениям своего состояния, которые чаще всего именуют «катастрофой». Фундаментом для поиска предвестников катастроф как возникновения синхронной компоненты в различных наблюдениях, является общая идея увеличения радиуса корреляции случайных флуктуаций параметров сложной системы по мере ее приближения к резкому изменению своих свойств вследствие собственной динамики.

Увеличение когерентности, синхронной компоненты, в измерениях различных геофизических полей в условиях сильных локальных помех является сложной задачей, требующих как наличия большого числа пунктов мониторинга, их разнообразия, так и применения современных методов анализа многомерных временных рядов систем мониторинга и выделения в них скрытых особенностей резкого изменения статистических свойств

Выделение в многомерных временных рядах эффектов когерентного поведения требует применения специальных методов анализа и комплексации. Для решения поставленных задач планируется применение алгоритмов анализа многомерных данных систем мониторинга, разработанных А.А. Любушиным, которые являются эффективным средством обнаружения скрытых связей между процессами, в том числе различной природы и структуры [1]. Важной составной частью разработанных алгоритмов является предварительный анализ разномасштабных временных рядов с целью выделения безразмерных и не зависящих от конкретной природы измеряемого сигнала признаков поведения временного ряда в последовательных непересекающихся временных интервалах малой длины. В качестве примера таких безразмерных признаков можно привести параметры мульти-фрактальных спектров сингулярности и минимальную нормализованную энтропию распределения квадратов ортогональных вейвлет-коэффициентов [2-6, 8-10]. Статистические закономерности структуры шума, анализом которого часто пренебрегают, является важным источником скрытой информации о приближающихся резких изменениях свойств рассматриваемых объектов.

Значительная часть методов основана на анализе канонических когерентностей многомерных спектральных матриц и канонических корреляций коэффициентов вейвлет-разложений сигналов, как в скользящих временных окнах, так и по всей имеющейся выборке (т.н. метод агрегированных сигналов). Целью этих алгоритмов является выделение очень слабых нестационарных сигналов общего происхождения, имеющих как гармоническое колебательное поведение, так и резко нестационарного, всплескового характера, в многомерных временных рядах мониторинга с определением их характерных периодов (временных масштабов).

Последним главным результатом применения предлагаемой методики является разработка и реализация нового метода оценки сейсмической опасности, основанного на построении во временном окне карт мульти-фрактальных свойств низкочастотного сейсмического шума по данным от сетей широкополосных сейсмических станций, покрывающих сейсмоактивный регион. При использовании данных сети широкополосных сейсмических станций F-net в Японии метод правильно выделил регион мега-землетрясения 11 марта 2011 года. Прогноз катастрофы, сначала с оценкой лишь магнитуды (середина 2008 г.), а затем с оценкой времени (середина 2010 г.) был заблаговременно опубликован в серии статей и тезисов на российских и международных конференциях общим числом 10 [2-6, 8-10].

Развивая теорию синхронизации, как эффективного способа выявления сигналов-предвестников землетрясений, Любушин А.А. предположил, что эффект синхронизации будет особенно действенным, если сигналы, полученные от существующих датчиков, будут складываться в реальном масштабе времени с сигналами датчиков другой (нежели существующие датчики) физической природы, и расположенных поблизости от существующих датчиков. Основная идея использования датчиков другой физической природы для синхронизации заключается в том, что сигналы, предшествующие землетрясению являются общей модулирующим сигналом для датчиков разной физической природы.

В качестве таких дополнительных датчиков – датчиков другой физической природы предлагаем использовать технологию интернет-вещей. Интернет вещей (Internet of Things, IoT) – концепция вычислительной сети физических объектов («вещей»), оснащенных встроенными техническими приемопередающими средствами связи для взаимодействия друг с другом или внешней средой. В качестве таких физических объектов, на базе которых можно строить IoT, могут быть любые живые (включая человека) и косные объекты природы.

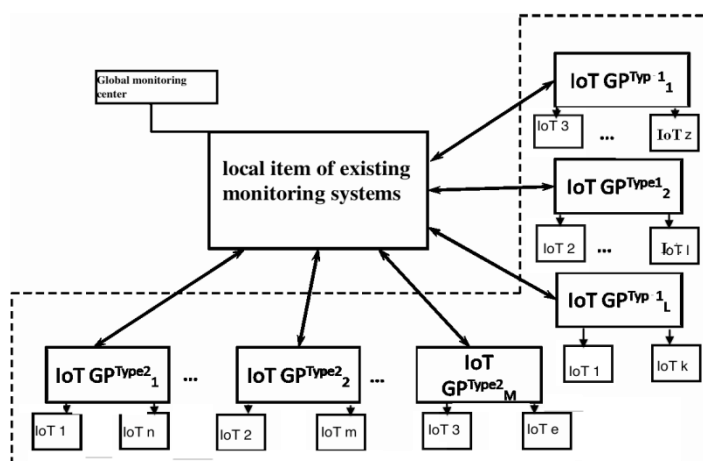


Рис.1. Блок-схема анализа данных систем IoT. Пояснения в тексте.

На рис.1 приведена блок-схема гибридной сети мониторинга за землетрясениями. Здесь изображен фрагмент такого взаимодействия датчиков IoT с существующими датчиками. Сигналы - предвестники землетрясений модулируют синхронно существующие датчики и периодические жизненные (естественные) процессы, которые протекают в IoT. сложение этих сигналов дает эффект синхронизации и позволяет выявить наличие и мощность сигналов - предвестников землетрясений, что позволит, как кажется авторам определить с достаточной (от 2 часов до десятка минут) точностью время наступления землетрясения, но его силу и место наибольшего толчка.

Если такая информация будет известна, то используя разработанную в НИИ Радио, систему индивидуализированного управления поведением людей при ЧС, можно вывести до землетрясения (то есть до наступления катастрофической фазы) с помощью современных абонентских устройств из опасной зоны до 90 % людей, вынести ценные предметы и предотвратить или существенно смягчить возможные сопутствующие землетрясению в данном регионе техногенные катастрофы. Система индивидуализированного управления спасением людей при ЧС построена с использованием новейших технологий инфокоммуникационных технологий, в том числе и IoT [7].

На рис.1 отображена также схема индивидуализированного управления. Здесь люди, оснащенные современными абонентскими устройствами обозначены как интернет-вещи.

Для построения предлагаемой гибридной сети мониторинга предстоит осуществить отбор датчиков на основе IoT, которые по своим характеристикам могут быть датчиками предлагаемой гибридной сети мониторинга за землетрясениями.

С математической точки зрения можно указать на те предельные требования к характеристикам IoT, отбираемых для включения в гибридную сеть мониторинга, которые могут значительно повысить предсказательную силу гибридных систем мониторинга.

В настоящее время авторы ведут переговоры с НИИ РАН, которые занимаются изучением характеристик живых и косных объектов, в частности изучают влияние землетрясений на характеристики живых и косных объектов для отбора объектов природы, которые по своей чувствительности и характеристикам могли бы удовлетворить сформулированным требованиям, подан проект в МСЭ-Т на фрагмент гибридной сети мониторинга.

Список литературы

1. Любушин, А. А. Анализ данных систем геофизического и экологического мониторинга. М.: Наука, 2007. – 228 с.
2. Любушин А. А. Тренды и ритмы синхронизации мультифрактальных параметров поля низкочастотных микросейсм // Физика Земли. 2009. №5. URL: <http://dx.doi.org/10.1134/S1069351309050024>]
3. Любушин А. А. Кластерный анализ свойств низкочастотного микросейсмического шума // Физика Земли. 2011. №6. URL: <http://dx.doi.org/10.1134/S1069351311040057>]
4. Любушин, А. А. Сейсмическая катастрофа в Японии 11 марта 2011 года. Долгосрочный прогноз по низкочастотным микросейсам // Геофизические процессы и биосфера. 2011. Т. 10. №1. URL: <http://dx.doi.org/10.1134/S0001433811080056>]
5. Любушин, А. А. Прогноз Великого Японского землетрясения // Природа. 2012. № 8. URL: <http://priroda.ras.ru/pdf/2012-08.pdf>
6. Любушин А.А. Прогностические свойства случайных флуктуаций геофизических характеристик // Биосфера. 2014. № 4. URL: <http://www.biosphere21century.ru/articles/504>
7. Назаренко А.П., Сарьян В.К., Лутохин А.С. Использование современных инфокоммуникационных технологий для спасения людей при чрезвычайных ситуациях // Электросвязь, 2014, №10 – С. 33-36.
8. Lyubushin, A. A.. Multifractal Parameters of Low-Frequency Microseisms. In: V. de Rubeis et al. (eds.), Synchronization and Triggering: from Fracture to Earthquake Processes, GeoPlanet: Earth and Planetary Sciences, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2010, 388p., Chapter 15, pp.253-272. URL: http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-12300-9_15
9. Lyubushin A. Prognostic properties of low-frequency seismic noise // Natural Science, 2012, 4(8A), pp.659-666, URL: <http://dx.doi.org/10.4236/ns.2012.428087>
10. Lyubushin A. A. Dynamic estimate of seismic danger based on multifractal properties of low-frequency seismic noise // Natural Hazards, 2014, 70(1), pp.471-483, URL: <http://dx.doi.org/10.1007/s11069-013-0823-7>