

ПОДСИСТЕМА ЕИС ДЛЯ ПОИСКА И ИСПРАВЛЕНИЯ ОШИБОК В РЕЗУЛЬТАТАХ ОБРАБОТКИ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

Токарев А.В., Чемарёв А.С.

Камчатский филиал Геофизической службы РАН, г. Петропавловск-Камчатский, tokarevav@emsd.ru

Введение

В настоящее время в лаборатории сводной обработки Камчатского Филиала Геофизической Службы РАН продолжается разработка Единой Информационной Системы Сейсмологических Данных (ЕИС СД). С марта 2013 г. в базу данных (БД) ЕИС СД начали поступать результаты обработки землетрясений в реальном и близком к реальному времени.

Как было рассказано в [1], основной информационной сущностью в ЕИС СД выступает понятие сейсмического события. Под сейсмическим событием (далее – Событием) понимается тектоническое или вулканическое землетрясение, взрыв и т.п. «Лицом» каждого События являются его основные параметры, полученные в результате работы программы расчета гипоцентрии вместе с исходными станционными данными (далее – Решение). Одному Событию могут соответствовать несколько Решений в том случае, если несколько разных операторов обработали одно землетрясение, либо землетрясение было обработано различными сейсмологическими агентствами. Одно и то же землетрясение обрабатывается повторно еще в том случае, если появились ранее не-доступные станционные данные.

Из всего набора Решений, принадлежащих Событию, должно быть выбрано единственное главное окончательное Решение. Его назначает обработчик землетрясения.

В процессе работы с данными ЕИС СД было замечено, что некоторым Событиям назначено более одного окончательного Решения, некоторым не назначено ни одного. Кроме того, отдельные окончательные Решения содержат ошибки (например, отсутствие станционных данных и сведений о погрешностях; амплитуды, снятые на некалиброванных каналах; несуществующие имена операторов и т.д.). Возникла насущная необходимость создания в ЕИС СД подсистемы поиска и исправления ошибок обработки землетрясений, которая позволила бы решить две задачи:

- контроль корректности данных окончательных Решений,
- контроль соответствия одному Событию одного окончательного Решения.

В 2013 г. эта подсистема была разработана и запущена в действие в тестовом режиме.

Основные задачи подсистемы поиска и исправления ошибок обработки землетрясений

Как было сказано выше, подсистема ЕИС СД, предназначенная для поиска и исправления ошибок обработки землетрясений, позволяет решать две основные задачи. Рассмотрим алгоритм их решения подробнее.

1. Решение задачи контроля корректности данных, полученных в результате обработки землетрясений

Контроль корректности поступающих в БД ЕИС СД результатов обработки землетрясений происходит в два этапа. На первом этапе производится проверка поступающей информации на ее структурную совместимость с БД. Подобные ошибки, содержащие неправильно сформированные данные, могут возникать из-за аппаратных или программных сбоев. На втором этапе производится проверка корректности содержания окончательных Решений. Согласно политике управления данными [1], существующие в БД ЕИС СД Решения закрыты для изменений. Поэтому исправление найденных в Решениях ошибок заключается в повторной обработке землетрясения обработчиком землетрясений, получении нового Решения и пометки его как окончательного.

2. Решение задачи контроля соответствия одному событию единственного окончательного решения

Для того чтобы определить наличие у События окончательного Решения, прежде всего необходимо иметь группу Решений, соответствующих данному Событию. Для объединения Решений в группы по Событиям был разработан алгоритм определения принадлежности двух Решений одному Событию. Для этого алгоритм сравнивает два Решения.

В зависимости от величины разницы во времени вступлений Р и S волн на одинаковых станциях, участвовавших в расчете гипоцентрии для сравниваемых Решений, выбираются весовые коэффициенты, определяющие вероятность того, что два Решения принадлежат одному и тому же Событию. Коэффициенты и соответствующая им разница во времени вступлений волн были

рассчитаны на основе анализа статистических данных: для тысячи землетрясений, имеющих несколько Решений, погрешность определения времени вступления фаз разными операторами составила в среднем 0.29 секунды. При нечетких вступлениях величина погрешности доходит до двух секунд. Совпадение времени вступлений до тысячных долей секунды по общему для сравниваемых Решений набору станций однозначно указывает на то, два сравниваемых Решения – это одно и то же Событие. Исходя из данной статистики, были выбраны условия, при которых алгоритм либо автоматически определяет Решения как принадлежащие к одному или разным Событиям, либо затрудняется в определении.

Процесс создания новых Событий и привязка вновь поступающих Решений имеет несколько этапов:

- в БД ЕИС поступает новое Решение;
- формируется группа Решений, отличающихся по времени землетрясения в гипоцентре от поступившего не более чем на семь минут;
- если группа Решений из этого интервала времени пуста, создается новое Событие, и вновь поступившее Решение привязывается к этому Событию;
- если группа решений из этого интервала времени не пуста, выбираются Решения, которые вместе со вновь поступившим Решением могут принадлежать к одному Событию по вышеописанному алгоритму. Если таковых нет, создается новое Событие;
- если все Решения в группе принадлежат к одному Событию, вновь поступившее Решение автоматически привязывается к нему. Если же Решения в группе относятся к разным Событиям, привязка нового Решения к тому или иному Событию производится пользователем вручную.

По окончании каждых суток средствами ЕИС СД происходит автоматическая проверка наличия окончательного Решения для каждого События. Если обработчиком по ошибке отмечено несколько Решений в качестве окончательного или в течение суток не было выбрано ни одного окончательного Решения, Событие помечается как ошибочное и передается на пересмотр оператору.

Создание подсистемы поиска и исправления ошибок обработки землетрясений позволило решить *еще одну важную задачу*. Множество дополнительных параметров землетрясений, таких как механизмы очагов или сведения о макросейсмических проявлениях, должны быть привязаны к соответствующим Событиям из ЕИС СД. Часть таких сведений поступает во времени, близком к реальному. К моменту начала разработки подсистемы не существовало механизма определения всех Решений, относящихся к одному Событию. Это делало невозможным осуществить надежную связь дополнительных данных о землетрясении с соответствующим Событием, поскольку окончательные Решения могли быть пересчитаны в течение недели [2], и установленная связь могла оказаться неактуальной. После того, как был разработан способ привязки группы Решений к Событию, даже при изменении окончательного Решения Событие остается прежним. Это дает возможность надежно связывать любую дополнительную информацию о землетрясениях с событиями, содержащимися в ЕИС СД. Таким образом, подсистема позволяет поддерживать информацию о землетрясениях в актуальном и корректном состоянии

Структура подсистемы поиска и исправления ошибок обработки землетрясений

Подсистема выявления ошибок определения параметров землетрясений состоит из двух блоков. Первый представляет собой набор хранимых процедур в СУБД Postgres, позволяющих решать две описанные выше задачи. Второй – это приложение Elman (Error Log Manager), разработанное в среде Delphi 7. Этот программный продукт позволяет:

- осуществлять мониторинг всех ошибок, выявленных первым блоком;
- осуществлять ручную привязку решений к событиям, если по каким-то причинам алгоритм с этим не справился;
- вручную исправлять ошибки, не требующие пересмотра землетрясения;
- формировать список ошибок, для исправления которых требуется пересмотр землетрясения обработчиком.

Приложение позволяет пользователю видеть комплексную информацию по каждой конкретной ошибке и предоставляет удобный инструмент для работы по их исправлению (Рис.1).

В тестовом режиме работы подсистемы было обнаружено несколько видов ошибок:

- системные (произошедшие в ходе сбоев самой подсистемы, встречались в ходе отладки);
- ошибки в поступающих данных (записи с недопустимыми значениями каких-либо полей);
- наличие не единственного окончательного Решения в Событии;
- ошибки, связанные с тем, что подсистема не смогла однозначно отнести Решение к тому или иному Событию.

Заключение

Система запущена и работает в тестовом режиме. Она обнаруживает несколько типов ошибок и сохраняет информацию о них для дальнейшего анализа. Для максимально эффективной работы подсистемы необходимо разработать регламент взаимодействия подсистемы и операторов, обрабатывающих землетрясения. Подсистема готова к работе в штатном режиме как для обработки землетрясений, поступающих в реальном времени, так событий окончательного каталога 1962–2013 гг. С помощью программы Elmap операторы лаборатории сводной обработки получили удобный инструмент для контроля корректности окончательного каталога.

Список литературы

1. Токарев А.В., Бахтиарова Г.М., Чеброва А.Ю., Митюшкина С.В. Современный взгляд на устаревшую систему хранения сейсмологических данных КФ ГС РАН. Труды третьей научно-технической конференции «Проблемы комплексного геофизического мониторинга Дальнего Востока». Петропавловск-Камчатский: КФ ГС РАН, 2006. С. 29–31.

2 Регламент работы лаборатории ИСВА, <http://emsd.ru/lisva/reglament>