УДК 519.712.1: 550.34.03

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ ИДЕНТИФИКАЦИИ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ ПО ЗАПИСЯМ СЕЙСМИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ

Молодобеков Канатбек *к.т.н., профессор, Кыргызского государственного технического университета им. И. Раззакова, 720044, Кыргызская Республика, пр. Ч. Айтматова 66, e-mail: kmm555@mail.ru*

Мамбетов Нурадил Жаныбекович, *ст. преподаватель Кыргызского государственного технического университета им. И. Раззакова, 720044, Кыргызская Республика, пр. Ч. Айтматова 66, e-mail: nur_85.07@mail.ru*

Аннотация. В данной работе предложены алгоритмы и программное обеспечение решения задачи идентификации сообщений по данным системы сейсмических наблюдений. Алгоритм реализован на примере сети сейсмометрических наблюдений Кыргызской Республики по записям местных землетрясений. Обработаны более тысячи землетрясений. Полученные результаты показывают, что точность определение параметров землетрясения находиться в пределах допустимого. В настоящее время разработанный программный комплекс внедрен в сейсмологическую службу института сейсмологии Кыргызской Республики.

Ключевые слова: сейсмические волны, время пробега волны, время в очаге землетрясения и годографы.

СЕЙСМИКАЛЫК СТАНЦИЯЛАРДЫН ЖАЗУУЛАРЫ БОЮНЧА ЖЕР ТИТИРӨӨНҮ АНЫКТОО ҮЧҮН АЛГОРИТМДЕРДИ ИШТЕП ЧЫГУУ

Молодобеков Канатбек,*т.и.д., профессор, Кыргыз мамлекеттик техникалык университети И.Раззаков, 720044, Кыргыз Республикасы, Ч.Айтматов пр., 66, e-mail: kmm555@mail.ru*

Мамбетов Нурадил Жаныбекович, *И.Раззаковатындагы Кыргыз мамлекеттик техникалык университетинин окутуучусу, 720044, Кыргыз Республикасы, Ч.Айтматов пр., 66, e-mail: nur_85.07@mail.ru*

Аннотация. Бул иште сейсмикалык байкоо системасынын маалыматтары боюнча билдирүүлөрдү идентификациялоо маселесин чечүүнү программалык камсыздоо жана алгоритмдер сунушталды. Алгоритм Кыргыз Республикасынын жергиликтүү жер титирөөлөрдүн жазуулары боюнча сейсмикалык байкоо жүргүзүү тармагынын мисалында ишке ашырылган. Көп жер титирөөлөр иштелип чыккан. Алынган жыйынтыктар жер титирөөнүн параметрлерин аныктоо жол берилген чектерде тургандыгын көрсөтүп турат. Азыркы учурда иштелип чыккан программалык комплекс Кыргыз Республикасынын Сейсмология институтунун сейсмикалык кызматына киргизилген.

Ключевые слова: сейсмические волны, время пробега волны, время очаге землетрясения и годографы.

DEVELOPMENT OF EARTHQUAKE IDENTIFICATION ALGORITHMS FROM RECORDS OF SEISMIC STATIONS

Molodobekov Kanatbek, *Ph.D., Professor, Kyrgyz State Technical University named after I. Razzakov, 720044, Kyrgyz Republic, Ch. Aitmatov Ave. 66 e-mail: kmm555@mail.ru*

Mambetov Nuradil Zhanybekovich*, Art. Lecturer at the Kyrgyz State Technical University named after I. Razzakov, 720044, Kyrgyz Republic, Ch. Aitmatov Ave. 66 e-mail: nur_85.07@mail.ru*

Annotation. In this paper, algorithms and software for solving the problem of identifying messages based on the data of the seismic observation system are proposed. The algorithm is implemented on the example of a network of seismometric observations of the Kyrgyz Republic based on local earthquake records. More than a thousand earthquakes have been processed. The results obtained show that the accuracy of determining the parameters of an earthquake is within the acceptable range. Currently, the developed software package has been implemented in the seismological service of the Institute of Seismology of the Kyrgyz Republic.

Key words: seismic waves, wave travel time, earthquake source time and travel time curves.

Предлагаемые алгоритмы обеспечивают решение задач структурной формализации информационных сообщений, а также распознавание событий из множества К входных станционных сообщений (станционные бюллетени) и организацию рабочих файлов для каждого события (землетрясения).

Постановка задач. Пусть

$$F_K = f(a_{i,j}, t), \tag{1}$$

есть сейсмическая информация, содержащаяся в К-м (К=1,2,…n) станционном сообщении, где

$$a_{i,j}\{a_{1,j}, a_{2,j}, ..., a_{m,j}\} \tag{2}$$

- последовательность $i = \overline{1,m}$ дискретных событий, характеризующихся $j = 1,2,...\alpha$ свойствами, t – отрезок времени в течение которого были зарегистрированы i события. Каждое событие представляется совокупностью последовательных импульсных признаков (фаз), каждый из которых описывается определенными свойствами. Пусть, число таких импульсных признаков определяется количеством фаз (вступлений) в продольной(P) и поперечной (S) волнах. Тогда под свойствами признака понимается амплитудно- частотные и временные (кинематические) характеристики выделенных видов волн. Причем число признаков и их параметры меняются как от K к $K+1$ для i, так и от i к $i+1$для K, т.е. объем информации остается переменным. Задача формализации заключается в преобразовании информационных сообщений с переменной структурой в признаковую последовательность постоянной длины.

Требуется: провести структурный анализ и дать формализованное описание F_K; распознать i из множества $K = \overline{1,n}$ станционных сообщений и организовать рабочий файл для i; рассортировать файлы по параметру T_i и их записать на накопитель.

Алгоритмы структуризации информационных сообщений основаны на формализации элементов сообщения по позиционному принципу, т.е. это означает, что каждому элементу отводится постоянное место в информационной структуре. Если в последовательности (2) отсутствует данный признак, то его параметры заменяются нулями. Если признак имеется, то производится проверка на наличие всех его параметров. В случае отсутствия какого-либо элемента, он заменяется нулями. Критерием формализации служат условия:

$$\alpha \le \bar{\alpha} \qquad \text{и} \qquad \gamma \le \bar{\gamma}, \tag{3}$$

где $\bar{\alpha}$ и $\bar{\gamma}$- заданные числа признаков и параметров данного признака, устанавливаемые эмпирически. В результате структурного анализа F_K (1) представляется в виде двумерной матрицы $M_K\{i,j\}$, которая записывается на накопитель.

Алгоритм распознавания события по K входным станционным сообщениям сводится к определению времени возникновения события T_{0i} при допущениях: во-первых, i-е событие, отмеченное на K-й станции, может иметь пересечение(во времени) только с одним событием на I-й станции; во-вторых, на K-й станции нет пересечения двух событий. Стратегия решения задачи заключается в параметризации информационных сообщений во временной области, т.е. в определении t_{0i}^K(время возникновения землетрясения i) по индивидуальным наблюдениям, либо непосредственно на признаковой последовательности информационных сообщений, либо с привлечением априорных данных в виде годографов сейсмических волн. Алгоритмы параметризации сконструированы с учетом следующих условий:

а) признаковая последовательность содержит вступления P и -волн;
б) в признаковой последовательности нет вступления -волны.

Из этих ситуаций вытекают следующие решающие правила:

$$\tau_{K,i} \le C, \tag{4}$$

$$\tau_{K,i} > C, \tag{5}$$

$$\tau_{K,i} < C, \tag{6}$$

Здесь $\tau_{K,i} = t_{K,i}^S - t_{K,i}^P$ – разность вступлений S- и -волн, C-заданная константа. При выполнении условия (4) t_{0i}^Kопределяется по способу Вадати.

В случае (5) t_{0i}^Kопределяется по формуле $t_{0i}^K = t_{K,i}^P - t_n^P$, где t_n^P- время пробега, рассчитанное по годографу для $\tau_{K,i}$.

В случае (6) возможны два решения: когда это условие выполняется для $K = \overline{1,e}$ входных сообщений и когда оно выполняется для всех $K = \overline{1,n}$ реализаций, где $e < n$. В первом случае

решение сводится к формированию матрицы обучения $M_k\{t_{0i}^K\}$из условия

$$\left|t_{0i}^K - t_{0i}^{K+1}\right| \leq C_1, \tag{7}$$

$$T_{K,i} \infty T_{K+1,i},$$

где $T_{K,i}$-число, месяц, год и час, а также к определению времени в очаге T_{0i} по элементам $M_{k,i}$, для которых сходимость выполняется как в случае

$$\mathrm{Max}_K\left|t_{0i}^K - T_{0i}\right| \leq \delta, \tag{8}$$

так и в случае

$$S = \left\{\frac{1}{n'}\sum_{K=1}^{n'}(t_{0i}^K - T_{0i})^2\right\}^{1/2} = min, \tag{9}$$

где $n' \leq n$. Для тех сообщений, в которых нет данных -волны, рассчитывается по заданным скоростям $P_{\bar{a}}(\bar{\alpha} = \bar{P}, P^K, P)$. Далее из годографа определяется время пробега t^*, для той α^*, при которой обеспечивается наилучшая сходимость между t^* и наблюденным временем пробега $t = t_{K,i}^P - T_{0i}$.

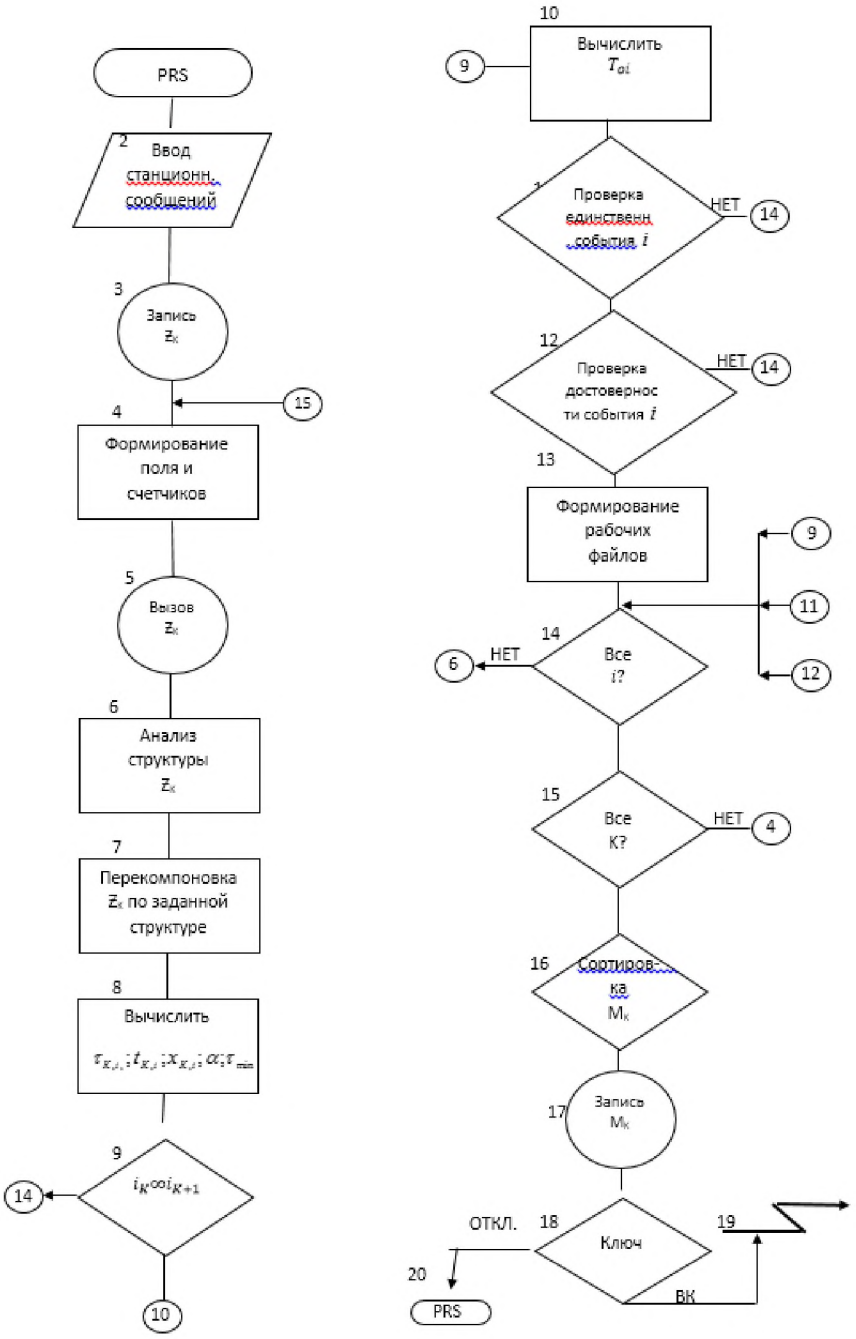

Рис.1.Блок-схемаалгоритма работы PRS

Во втором случае, т.е. когда все $K = \overline{1,n}$ сообщения для i не содержат вступления волны S, решение ищется по методике [7]. В отличие от последней работы, здесь поиск ведется в интервалах 30 с, 1 и 3 мин скользящим перебором. Таким образом, для каждого i-го события формируется файл по K сообщениям, который проверяется на достоверность . Критерием оценки является условие $K \geq K'$, где K'-минимальное число сообщений, при котором файл подлежит обработке. Недостоверные файлы выдаются на распечатку, а также хранятся во внешней памяти.

На основании вышеизложенных алгоритмов разработано программное обеспечение.

Функциональная блок-схема программы показана на рис.1. В первых пяти блоках производится обнуление поля в оперативной памяти, ввод описания станционных бюллетеней и их запись.

Заключения

Разработан алгоритм распознавания события по K входным станционным сообщениям. Суть алгоритма сводится к определению времени возникновения события T_{0i} при допущениях: во-первых, i-е событие, отмеченное на K-й станции, может иметь пересечение(во времени) только с одним событием на I-й станции; во-вторых, на K-й станции нет пересечения двух событий. На основании этого алгоритма разработано программное обеспечение.

Литература

1. Молдобеков К. Комплекс автоматизированной обработки сейсмологической информации (КАОСИ). –В сб.: Алгоритмы и практика определения параметров гипоцентров землетрясений на ЭВМ. М.: Наука, 1983, с. 20-22.
2. Молдобеков К. Интеллектуальная информационная система сейсмомонитринга. Вестник №2 (32) ТОМ 1 КГУСТА им . Н. Исанова, -Бишкек, 2011 стр 57-60.
3. Грудева Н.П., Левшин А.Л., ПисаренкоВ.Ф. и др. Спектрально-временной анализ сейсмических волн. –В сб. теоретическая и вычислительная геофизика, №1 –М.: Междуведомственный геофизический комитет АН СССР, 1974, с. 5-15.
4. Прогноз землетрясений. Душанбе – Москва: Дониш, 1986, №5.
5. Автоматизация сбора и обработки сейсмологической информации. М.: Радио и Связи, 1983.
6. Никифоров И.В., Тихонов И.Н. Пакет алгоритмов для первичной оперативной обработки трехкомпонентной сейсмограммы. СахКНИИ ДВНЦ АН СССР, 1984.
7. Кушнир Г.С. Э Сейсмикалык станциялардын жазуулары боюнча жер титирөөнү аныктоо үчүн алгоритмдерди иштеп чыгуу.лементы автоматизированной системы сбора и обработки сейсмической информации. – Автореферат дисс. канд. физ.-мат. Наук. М,, 1982.
8. Насирдинова, С. М. Результаты экспериментальных исследований процессов / С. М. Насирдинова // Известия Кыргызского государственного технического университета им. И. Раззакова. – 2015. – № 1(34). – С. 165-169.