



**УНИВЕРЗИТЕТ „ГОЦЕ ДЕЛЧЕВ“ - ШТИП
ФАКУЛТЕТ ЗА ПРИРОДНИ И ТЕХНИЧКИ НАУКИ**

**UNIVERSITY GOCE DELCEV - STIP
FACULTY OF NATURAL AND TECHNICAL SCIENCES**

UDC: 622:55:574:658

ISSN: 1857-6966

Природни ресурси и технологии Natural resources and technology

**Број 2
No 2**

**Година 15
Volume XV**

**Декември 2021
December 2021**

**УНИВЕРЗИТЕТ „ГОЦЕ ДЕЛЧЕВ” – ШТИП
ФАКУЛТЕТ ЗА ПРИРОДНИ И ТЕХНИЧКИ НАУКИ**



**Природни ресурси и технологии
Natural resources and technologies**

**декември 2021
December 2021**

**ГОДИНА 15
БРОЈ 2**

**VOLUME XV
NO 2**

**UNIVERSITY “GOCE DELCEV” – STIP
FACULTY OF NATURAL AND TECHNICAL SCIENCES**

ПРИРОДНИ РЕСУРСИ И ТЕХНОЛОГИИ
NATURAL RESOURCES AND TECHNOLOGIES

За издавачот

Проф. д-р Зоран Десподов

Издавачки совет

Проф. д-р Блажо Боев
Проф. д-р Зоран Десподов
Проф. д-р Лилјана Колева - Гудева
Проф. д-р Зоран Панов
Проф. д-р Борис Крстев
Проф. д-р Мирјана Голомеова
Проф. д-р Благој Голомеов
Проф. д-р Дејан Мираковски
Проф. д-р Тодор Серафимовски
Проф. д-р Војо Мирчовски
Проф. д-р Тена Шијакова - Иванова
Проф. д-р Соња Лепиткова
Проф. д-р Гоше Петров
Проф. д-р Кимет Фетаху,
(Политехнички универзитет во Тирана, Р.Албанија)
Проф. д-р Ивајло Копрев,
(МГУ Софија, Р. Бугарија)
Проф. д-р Никола Лилиќ,
(Универзитет во Белград, Р. Србија)
Проф. д-р Јоже Кортник
Универзитет во Љубљана, Р. Словенија
Проф. д-р Даниела Марасова,
(Технички универзитет во Кошице, Р. Словачка)

Editorial board

Prof. Blazo Boev, Ph.D
Prof. Zoran Despodov, Ph.D
Prof. Liljana Koleva - Gudeva, Ph.D
Prof. Zoran Panov, Ph.D
Prof. Boris Krstev, Ph.D
Prof. Mirjana Golomeova, Ph.D
Prof. Blagoj Golomeov, Ph.D
Prof. Dejan Mirakovski, Ph.D
Prof. Todor Serafimovski, Ph.D
Prof. Vojo Mircovski, Ph.D
Prof. Tena Sijakova - Ivanova, Ph.D
Prof. Sonja Lepitkova, Ph.D
Prof. Gose Petrov, Ph.D
Prof. Kimet Fetahu, Ph.D
R. Albania
Prof. Ivajlo Koprev, Ph.D
R. Bulgaria
Prof. Nikola Lilik, Ph.D
R. Srbija
Prof. Joze Kortnik, Ph.D
R. Slovenia
Prof. Daniela Marasova, Ph.D
R. Slovacka

Редакциски одбор

Проф. д-р Зоран Десподов
Проф. д-р Зоран Панов
Проф. д-р Борис Крстев
Проф. д-р Мирјана Голомеова
Проф. д-р Благој Голомеов
Проф. д-р Дејан Мираковски
Проф. д-р Николинка Донева
Проф. д-р Марија Хаци - Николова

Editorial staff

Prof. Zoran Despodov, Ph.D
Prof. Zoran Panov, Ph.D
Prof. Boris Krstev, Ph.D
Prof. Mirjana Golomeova, Ph.D
Prof. Blagoj Golomeov, Ph.D
Prof. Dejan Mirakovski, Ph.D
Prof. Nikolinka Doneva, Ph.D
Prof. Marija Hadzi - Nikolova, Ph.D

Главен и одговорен уредник
Проф. д-р Афродита Зенделска

Managing & Editor in chief
Prof. Afrodita Zendelska, Ph.D

Јазично уредување
Весна Ристова
(македонски јазик)

Language editor
Vesna Ristova
(macedonian language)

Техничко уредување
Славе Димитров

Technical editor
Slave Dimitrov

Редакција и администрација
Универзитет „Гоце Делчев“ - Штип
Факултет за природни и технички науки
ул. „Гоце Делчев“ 89, Штип
Република Северна Македонија

Address of the editorial office
Goce Delcev University - Stip
Faculty of Natural and Technical Sciences
Goce Delcev 89, Stip
Republic of North Macedonia

С о д р ж и н а / C o n t e n t s

Благој Голомеов, Афродита Зенделска, Мирјана Голомеова ОСКУЛТАЦИЈА НА ДРЕНАЖНИОТ СИСТЕМ НА ХИДРОЈАЛОВИШТЕ БР. 3.2 И ХИДРОЈАЛОВИШТЕ БР. 4 НА РУДНИК САСА – М. КАМЕНИЦА ЗА 2020 ГОДИНА Vlagoj Golomeov, Afrodita Zendelska, Mirjana Golomeova MONITORING OF DRAINAGE SYSTEM OF TAILING DAM No 3.2 AND TAILING DAM No 4 MINE SASA – M. KAMENICA FOR 2020	5
Марија Хаџи-Николова, Дејан Мираковски, Афродита Зенделска, Николинка Донева ЕКОЛОШКИ ПРИФАТЛИВИ ТЕХНИКИ ЗА ОДЛАГАЊЕ НА ФЛОТАЦИСКА ЈАЛОВИНА ВО СТАРИ ПОВРШИНСКИ КОПОВИ Marija Hadzi-Nikolova, Dejan Mirakovski, Afrodita Zendelska, Nikolinka Doneva ENVIRONMENTALLY ACCEPTABLE TECHNIQUES FOR TAILINGS DISPOSAL IN OLD OPEN PIT MINES	15
Елица Лазаревска, Марија Хаџи-Николова, Дејан Мираковски СИСТЕМ ЗА АНАЛИЗА И КЛАСИФИКАЦИЈА НА ЧОВЕЧКИОТ ФАКТОР ВО РУДАРСКАТА ИНДУСТРИЈА ВО МАКЕДОНИЈА Elica Lazarevska, Marija Hadzi-Nikolova, Dejan Mirakovski HUMAN FACTORS CLASSIFICATION AND ANALYSIS SYSTEM IN MINING INDUSTRY IN MACEDONIA	23
Иван Боев, Марко Берманец ГЕОЛОГИЈА, ПЕТРОЛОГИЈА И СТАРОСТ НА ПЕГМАТИТЕ ОД ЛОКАЛИТЕТОТ АЛИНЦИ (СЕВЕРНА МАКЕДОНИЈА) Ivan Bоеv, Marko Bermanec GEOLOGY, PETROLOGY AND THE AGE OF PEGMATITES IN ALINCI LOCALITY (NORTH MACEDONIA)	33
Иван Боев ХЕМИСКИ СОСТАВ НА СРЕБРЕНИТЕ ТЕТРАДРАХМИ ОД ЛОКАЛИТЕТОТ ИСАР МАРВИНЦИ ОДРЕДЕН СО ПРИМЕНА НА SEM-EDS МЕТОДАТА Ivan Bоеv CHEMICAL COMPOSITION OF THE SILVER TETRADRACHMS FROM THE LOCALITY ISAR MARVINCI DETERMINED WITH THE APPLICATION OF THE SEM-EDS METHOD	43
Благица Донева АНАЛИЗА НА ПОДАТОЦИ И ИНТЕРПРЕТАЦИЈА НА СЕИЗМОГРАМ Vlagicа Doneva DATA ANALYSIS AND SEISMOGRAM INTERPRETATION	49
Дејан Мираковски, Марија Талеска Желческа, Марија Хаџи-Николова, Афродита Зенделска МЕРЕЊЕ НА МИРИЗБА СО СТАНДАРДНИ МЕТОДИ Dejan Mirakovski, Marija Taleska Zhelcheska, Marija Hadzi-Nikolova, Afrodita Zendelska STANDARD PROCEDURE OF ODOR MEASUREMENT	59
Ванчо Аџиски, Ванчо Наунов МЕТОДОЛОГИЈА ЗА ПРОЦЕНКА НА ИЗГОРЕНИ ОБЛАСТИ ПРЕДИЗВИКАНИ ОД ШУМСКИ ПОЖАРИ, КОРИСТЕЛЌКИ ПОДАТОЦИ ОД SENTINEL-2 САТЕЛИТОТ Vancho Adjiski, Vancho Naunov METHODOLOGY FOR ESTIMATION OF BURNED AREAS CAUSED BY WILDFIRES USING DATA FROM THE SENTINEL-2 SATELLITE	67

Крсте Тодоров, Дејан Крстев ОБРАБОТКА НА ПОДАТОЦИ СО КОРИСТЕЊЕ НА МАТЕМАТИЧКИ МОДЕЛИ ВО КОЖАРСКАТА ИНДУСТРИЈА Krste Todorov, Dejan Krstev DATA PROCESSING USING MATHEMATICAL MODELS IN LEATHER INDUSTRY	75
Ангела Велкова Крстев, Александар Крстев ВОДЕЧКИ ПРИНЦИПИ ЗА ИДЕН РАЗВОЈ ПРИ ПРОЕКТИРАЊЕ НА КЛИНИЧКА БОЛНИЦА Angela Velkova Krstev, Aleksandar Krstev GUIDING PRINCIPLES FOR FUTURE DEVELOPMENT WHEN DESIGNING A CLINICAL HOSPITAL	83
Ангела Велкова Крстев, Александар Крстев МУЛТИДИМЕНЗИОНАЛНИ ПРИДОБИВКИ ОД ПРОЕКТИРАЊЕ НА КЛИНИЧКИ БОЛНИЦИ СО ВОДЕЧКИ ПРИНЦИПИ ЗА ИДЕН РАЗВОЈ Angela Velkova Krstev, Aleksandar Krstev MULTIDIMENSIONAL BENEFITS FROM DESIGNING CLINICAL HOSPITALS WITH GUIDING PRINCIPLES FOR FUTURE DEVELOPMENT	93

АНАЛИЗА НА ПОДАТОЦИ И ИНТЕРПРЕТАЦИЈА НА СЕИЗМОГРАМ

Благица Донева¹

¹Факултет за природни и технички науки, Универзитет „Гоце Делчев“, Штип
blagica.doneva@ugd.edu.mk

Апстракт. Различните потреси кои доаѓаат од внатрешноста на Земјата, односно земјотресните P и S бранови, се регистрираат на соодветни уреди наречени сеизмометри. Записите, односно регистрациите кои ги даваат сеизмометрите се наречени сеизмограми.

Методите за анализа на аналогни и дигитални регистрирани сеизмички земјотресни бранови - сеизмограми и нумеричката обработка на резултатите од тие анализи во современата сеизмолошка пракса ги опфаќа следните елементи:

- Идентификација на различни видови сеизмички бранови на сеизмограмот,
- Утврдување на точното време на регистрирање на одреден вид на сеизмичкиот бран,
- Нумеричка обработка на регистрираните бранови на поголем број сеизмички станици, со цел да се утврди просторниот параметар на хипоцентарот на земјотресот и моментот на негово настанување,
- Дефинирање на механизмот за заштита од земјотреси и динамички параметри на заштита,
- Енергетски карактеристики (магнитуда) на земјотресот и анализа при дистрибуција на макросеизмичкото поле, односно формирање математички модел за распределба на површинскиот ефект на земјотресот,
- Утврдување на елементите на структурната градба на Земјината кора на основа на интерпретација на површинските и волуменските бранови форми,
- Пресметка на емпириските вредности на амплификационите карактеристики на тлото во локални размери и утврдување на математичките закони за тие појави.

Клучни зборови: сеизмограм, анализа, сеизмичка секвенца интерпретација

DATA ANALYSIS AND SEISMOGRAM INTERPRETATION

Blagica Doneva¹

¹ Faculty of Natural and Technical Sciences, Goce Delcev University, Stip, Macedonia
blagica.doneva@ugd.edu.mk

Abstract. The various tremors coming from inside the Earth, i.e. the earthquake P and S waves, are registered on appropriate devices called seismometers. The records given by seismometers are called seismograms.

The methods for analysis of analog and digitally registered seismic earthquake waves - seismograms and numerical processing of the results of those analyzes in modern seismological practice include the following elements:

- Identification of different types of seismic waves on the seismogram,
- Determining the exact time of registration of a certain type of seismic wave,
- Numerical processing of the registered waves at a number of seismic stations, in order to determine the spatial parameter of the hypocenter of the earthquake and the moment of its occurrence,
- Defining the mechanism for protection against earthquakes and dynamic parameters of protection,
- Energy characteristics (magnitude) of the earthquake and analysis in the distribution of the macroseismic field, i.e. formation of a mathematical model for distribution of the surface effect of the earthquake,
- Determining the structural elements of the Earth's crust based on the interpretation of surface and spatial waveforms,
- Calculation of the empirical values of the amplification characteristics of the soil on a local scale and determination of the mathematical laws for those phenomena.

Kew words: seismogram, analysis, seismic sequence, interpretation

1. Вовед

Традиционалната обработка на податоци на сеизмичка секвенца е преоптоварена со детали. За да се добие сеизмичка слика која може да се толкува за потповршинскиот дел, мора да се применуваат бројни компјутерски софтвери за обработка на сигнали. Корекциите кои се применуваат во секоја операција за обработка, обично варираат во однос на локацијата во рамките на областа на испитување, изворниот настан, хоризонталното поместување меѓу точки помеѓу изворот и примачот, како и времето во рамките

на сеизмичката траекторија. Сеизмичкиот процесор, вообичаено, мора да спроведе анализа на зададените податоци за да избере соодветни променливи параметри, за секоја операција на обработка. Описот на една типична секвенца за обработка, се фокусира на три од нејзините главни цели. [4]

Првата цел на сеизмичката обработка е да се подобри временската резолуција на сеизмичките податоци. Таканаречениот конволуциски модел (модел на математичка операција на две функции, која е најопшто претставување на процесот на линеарното филтрирање) на сеизмичката метода рефлексија, ја дефинира сеизмичката траекторија како конволуција на “input”- влезен сеизмички сигнал од изворот, со модел на Земја составен од гранични површини (рефлектори). Оттаму, една од целите на сеизмичката обработка е добивање на идеализирана реакција (одговор) претставен како импулс од моделот на Земја; овој процес е познат како деконволуција (алгоритамски заснован процес, кој се користи за да се сменат во обратна насока ефектите од конволуција на евидентирани податоци).

Доколку е успешна, секоја сеизмичка траса, односно траекторија, се трансформира во временска серија на импулси, кои претставуваат примарни времиња на рефлексија на сите рефлектори и амплитуди, кои ги претставуваат коефициентите на рефлексија на рефлекторите. Некои од вообичаените операции, кои се применуваат за време на типична обработка на секвенца, вклучува филтрирање на фреквенција и повеќеканално филтрирање на кохерентен шум.

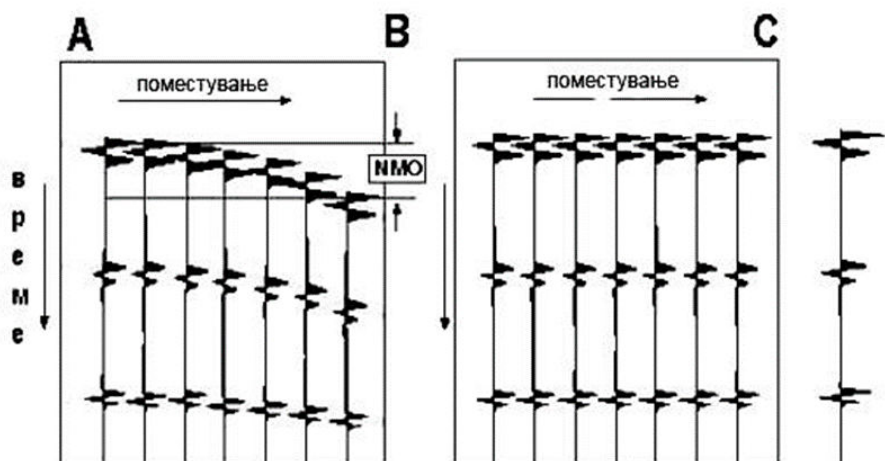
Втората цел во обработка на сеизмичките податоци е подобрување на нискиот сигнал до квалитетен сигнал, кој е потребен за интерпретација на сеизмичките податоци.

Во собирањето на податоците ова е примарна мотивација во употребата на што повеќе приемници. Овие податоци се обработуваат со користење на методот на заедничка средна точка или CDP - метод. Кај овој метод, при обработката, сеизмичките траектории се групирани во CDP точки (прикази на сеизмички траектории, кои имаат заеднички параметар на собрани податоци), врз основа на заеднички извор-примач при поделба на средна точка. Функциите на брзина се пресметуваат за одбрани CDP точки, врз основа на варијации во времето на пристигнување.

Потоа, функциите на брзина се вметнуваат насекаде во областа на испитување, за да се конструира модел на брзина за потповршината. Овој модел на брзина се користи за да се направат нормални корекции на времето, т.н. NMO- корекции во времето на патување на бранот од изворот до приемникот, се со цел да се добие рефлексија која не опаѓа, значи се врши од иста гранична површина. По извршените NMO корекции, сите траектории во CDP точки може да се соберат или подредат, сл. 1.

Доколку геологијата на потповршината, не ги прекршува премногу силно претпоставките на CDP методот (константни брзини на протегање на брановите низ слоевите и хоризонтално протегање на слоевите-рефлектори), појавите на рефлексија на различните траектории, ќе се соберат конструктивно, произведувајќи една траекторија, која е многу попрецизна, од онаа на поединечните претходно сложени (подредени) траектории.

Со повторување на процедурата за сите CDP собирања во истражувањето, претходно сложената (подредената) низа на податоци, се заменува со многу помала претходно сложена (подредена) низа на податоци со многу повисок квалитет на сигнали.



Сл. 1. Примена на NMO корекција

A - сортирање на CDP собирачи (gather); B- сортирање на CDP, собирачи (gather) после (NMO) корекција; C-сложена сеизмичка патека;

Третата цел на обработка на сеизмички податоци е подобрување на латералната резолуција на сеизмичките податоци. CDP обработката произведува сеизмички stack sections (обработени сеизмички записи кои содржат траектории).

Кога ќе се претстави со stack sections, тој изгледа како геолошка слика. Сликата не е совршена, но сепак, сеизмичкото поле на бранови е прикажано со дифракции и сферично ширење како што се простира низ потповршината. За да се произведе слика која може лесно да се протолкува, сеизмичките податоци може да се трансформираат во слика за потповршината, со помош на сеизмичка миграција.

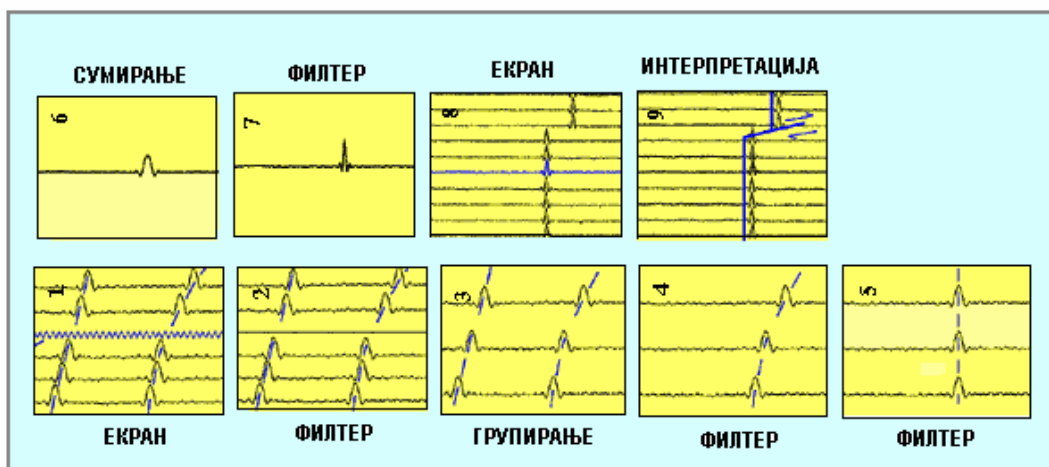
Значи, може да се заклучи дека добивањето и обработката на сеизмичките податоци за рефлексија, обично резултира во сеизмичка слика за гранични површини. Доколку се претпостави дека овие гранични површини ги следат литолошките граници, тогаш сеизмичката слика е всушност слика за подповршинските геолошки целини и структурите кои тие ги формираат. Целта на сеизмичкото толкување е да се добијат веродостојни геолошки модели (структури) во сеизмичката слика. Сеизмичките толкувачи, во главно мора да се потпираат на информациите од структурната геологија, добро познавање на физиката на ширење на сеизмички бранови и некои општи познавања во теоријата на обработка на сигналите.

Податоците добиени при рефлективните сеизмички истражувања се регистрираат на магнетна лента. Тоа овозможува податоците да се обработуваат со користење на дигитални уреди.

До добивање на финалните рефлективни сеизмички секции (временски секции), мерните податоци се мултиплицираат, ресемплираат, деконвулираат, филтрираат, статички се корегираат, се анализира брзината на простирање на бранот, се воведуваат корекции, дел од снимката се брише, се применуваат временски променливи филтри и др. Секоја фаза што се користи, при обработка на податоците е неминовна. Од друга страна, компјутерската обработка му дава можност на интерпретаторот да ги следи обработката на податоците и нивно насочување при структурно – геолошкото интерпретирање на испитуваниот терен. Значи може да се заклучи дека, интерпретацијата претставува процес на перманентна активност која подразбира обработка и употреба на податоците, со претходно собрани геолошки информации. Сето ова ни покажува дека обработката на податоците е многу сложен и комплексен процес.

На сл. 2 е прикажан пример за вообичаена секвенца (редослед) на обработка:

Податоците се читаат од лентата и се прикажуваат на екран (1). Лошите сеизмички траги, поради шумот или краток спој во опремата за регистрирање се уредуваат (2). Потоа трагите се групираат така што секоја група на траги (3) припаѓа на точка на заедничка рефлексија. Нерелевантите пристигнувања, како на пример површински бранови и директни пристигнувања, се издвојуваат со дигитално филтрирање (4). Се врши корекција на времето за рефлектираните пристигнувања да се подредат (5). Се врши сумирање (6) за да се добие една излезна трага (се отфрла случајниот шум и се засилуваат рефлектираните сигнали). Обликот на бранот се смалува со филтрирање на фреквенцијата (се одбира одредено подрачје на фреквенција), се со цел да се подобри резолуцијата (7). Чекорите од (4) до (7) се повторуваат за секоја заедничка точка на рефлексија, а резултираките сеизмички траги се прикажуваат како сеизмички пресек (8) кој потоа се интерпретира (9).



Сл. 2. Шематски приказ на обработка на податоци

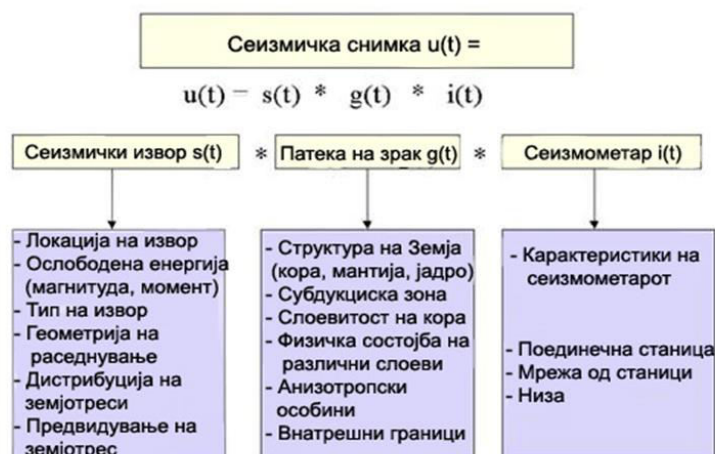
2. Анализа на податоци и интерпретација на сеизмограм

Опишаната анализата на сеизмограми и добивањето на вредноста на сеизмичките параметри се објаснети преку основните барања во аналогната и дигиталната пракса, односно:

- препознавање на појава на земјотрес во еден снимен сеизмограм;

- одредување и обележување на сеизмичките фази;
- точно одредување на почетното време и поларитетот;
- мерење на максималната амплитуда на тлото и поврзаниот период;
- пресметување на бавноста и азимутот;
- одредување на параметрите на изворот како што се хипоцентарот, почетното време, магнитудата, механизмот на изворот итн.

Сеизмограмите се основни информации за земјотресите, хемиски и нуклеарни експлозии, земјотреси индуцирани од минирање, кршење на карпите и други настани кои генерираат сеизмички бранови. Сеизмограмите го рефлектираат заедничкото влијание на сеизмичкиот извор, патеката на ширење на брановите, опсегот на фреквенцијата на уредот за снимање и амбиенталната бучава во местото каде се снима. На сл. 3 се прикажани овие ефекти и нивната научна корисност. Сознанијата за сеизмичноста, земјината структура и различните типови на сеизмички извори се главниот резултат од анализата и интерпретацијата на сеизмограмите. Колку поцелосно се интерпретираат сеизмограмите, толку подобро ќе се разбере земјината структура, сеизмичките извори и основните процеси кои ги предизвикуваат [2].



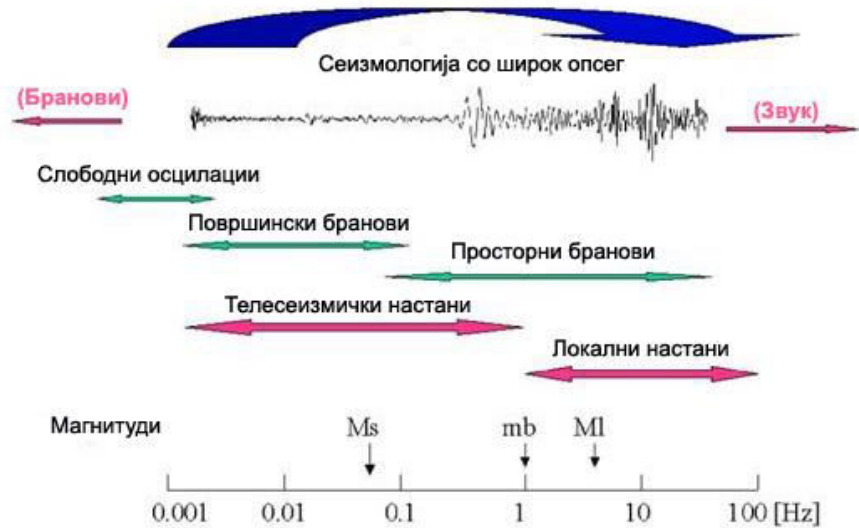
Сл. 3. Различни фактори/суб-системи (без сеизмичка бучава) кои влијаат на сеизмичката снимка (жолти ќелии) и информацијата која може да се добие со анализа на снимката (сини ќелии)

Анализата на сеизмичките податоци за една станица, денес брзо се заменуваат со анализа на мрежа или низа од податоци. Техниките за процесирање на низа се развиени пред повеќе од 20 години. Мрежите и низите, спротивно на единечните станици, овозможуваат подобра детекција на сигналот и локација на изворот. Исто така, низите можат да се користат за пресметување на брзината и азимутот, што овозможува подобра идентификација на фазите. Понатаму, поточни вредности за магнитудите можат да се очекуваат при пресметување на просечна големина од магнитудите на поединечните станици, а за оддалечени извори, кохеренцијата на сигналот може да се употреби за поточно одредување на почетните времиња. Во Табела 1 се сумирани основните карактеристики на поединечните станици, мрежа од станици и низи. Во принцип, една низа може да се користи како мрежа и во посебни случаи, мрежата може да се користи како низа. Најважните разлики меѓу мрежи и низи се степенот на кохеренција на сигналот и користените техники за анализа на податоците.

Табела 1. Карактеристики на поединечни станици, мрежа од станици и низи

Поединечна станица	Класичен тип на сеизмичка станица со сопствена обработка на податоци. Локација на настанот е можна само со помош на трокомпонентално снимање.
Мрежа од станици	Локална, регионална или глобална дистрибуција на станици кои се идентични (колку е можно) со заеднички центар на податоци. Локација на настанот е една од главните задачи.
Сеизмичка низа	Група од сеизмички станици со задничка временска референца и униформни инструменти. Станиците се лоцирани блиску една до друга, во просторот, за да може брановата форма на сигналот да се корелира помеѓу соседните сензори. Предностите се: <ul style="list-style-type: none"> - издвојување на кохерентните сигнали од случајната бучава; - одредување на правецот на приближување на брановиот фронт (одредување на азимут на изворот); - определување на локалната забавеност и од тука епицентралното растојание од изворот.

Како и поединечните станици, така и сеизмометрите кои имаат ограничени фреквенции на снимање, се надвор од употреба и имаат само ограничена дистрибуција и локална важност. Ваквите сеизмометри го филтрираат движењето на тлото. Тие го нарушуваат сигналот и може да доведат до поместување на почетното време и реверсност на поларитетот. Најголем број од сеизмолошките опсерватории, денес, се опремени со сеизмометри со широк опсег кои можат да снимаат сигнали со фреквенции од 0.001 Hz до 50 Hz. Фреквенцијата и динамичкиот опсег на ваквите сеизмометри се прикажани на сл. 4.



Сл. 4. Опсег на фреквенции кои се од интерес во сеизмологијата

2.1. Критериуми и параметри за рутинска анализа на сеизмограм

Времетраење на снимањето и дисперзија

При анализа на сеизмичка снимка, најпрво, се оценува времетраењето на сигналот. Поради различната природа и брзина на ширење на сеизмичките бранови и различните патеки на ширење до една станица, разликите во времето на патување помеѓу главните бранови групи обично расте со растојанието. Соодветно, снимката се шири со времето. Различните групи на просторни бранови не покажуваат дисперзија, па нивните индивидуални времетраења остануваат, помалку или повеќе, константни, само временската разлика помеѓу нив се менува со растојанието. Временската разлика помеѓу главните просторни бранови е [1]:

- < 3 минути за настани на растојание $D < 10^\circ$,
- < 16 минути за настани на растојание $D < 60^\circ$,
- < 30 минути за настани на растојание $D < 100^\circ$,
- < 45 минути за настани на растојание $D < 180^\circ$.

Спротивно на просторните бранови, брзината на површинските бранови зависи од фреквенцијата и затоа овие бранови се дисперзирани. Соодветно, зависно од структурата на кората и мантијата вдолж патеката на ширење на бранот, времетраењето на Ловеовите и Рејлиевите бранови ќе се зголемува со растојанието. На растојание $D > 100^\circ$, сеизмограмите на површинските бранови може да траат еден час и повеќе, а за навистина силни настани, кога површинските бранови може да ја заобиколат Земјата неколку пати, нивните осцилации на долготрајните (LP) или широкопојасни (BB) снимки можат да бидат препознатливи од 6 до 12 часа. Дури и за разумно силни регионални земјотреси, на пример $M_s \ll 6$ и $D \ll 10^\circ$, осцилациите можат да траат до еден час, иако временската разлика меѓу P и S брановите е само околу 2 минути, а помеѓу P и максималната амплитуда на површинскиот бран само 5 - 6 минути.

И покрај соодветната дисперзија, расејувањето може да ја шири и брановата енергија. Ове е точно особено при повисоки фреквенции на брановите кои се движат во хетерогената кора. Ова ги зголемува бучавата генерирана од сигналот и кода брановите. Кога брановите ги следат главните генерирачки фази со експоненцијално опаѓачки амплитуди. Кога траењето зависи од магнитудата на настанот и сосема малку од епицентралното растојание. Оттука, времетраењето може да се искористи за пресметување на магнитудите на траење M_d .

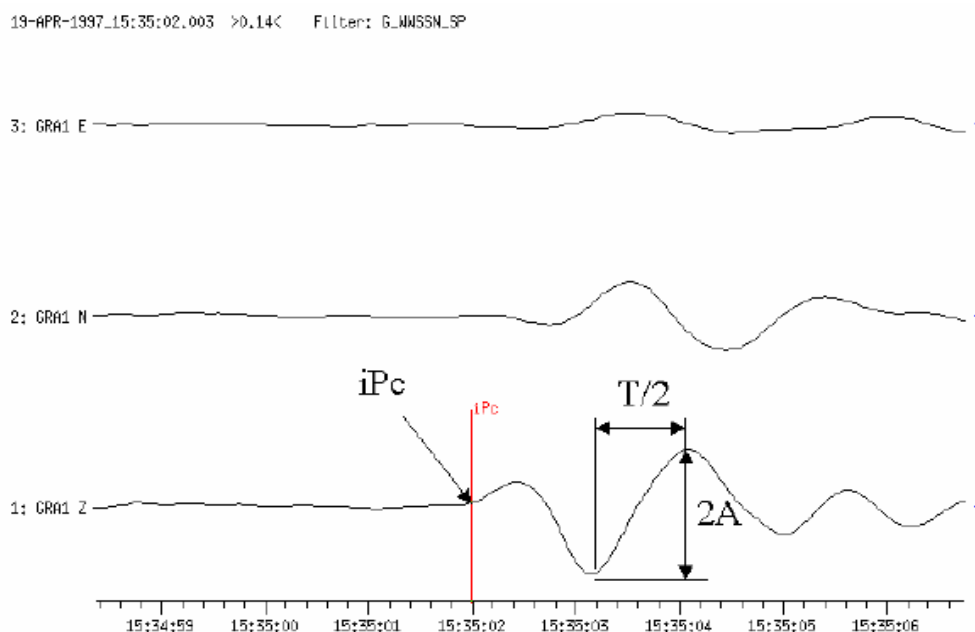
Времетраењето на сигналот, временската разлика помеѓу максимумот на Рејлиевиот бран и пристигнувањето на првиот просторен бран и особено, временскиот опсег помеѓу првиот и последниот препознат просторен бран пред пристигнувањето на површинскиот бран, овозможува прва груба проценка, без разлика дали се работи за локален, регионален или телесеизмички настан. Оваа груба класификација е од голема помош при избор на соодветен пристап, критериуми и алатки за натамошни подетални анализи на сеизмограмот, локација на изворот и одредување на магнитудата.

Клучни параметри: почетно време, амплитуда, период и поларитет

Почетните времиња на групите од сеизмички бранови, пристигнувањето на првиот и главен Р - бран, кога ќе се одредат на повеќе сеизмички станици со различен азимут и на различно растојание, се клучните влезни параметри за локација на сеизмички настани. Времињата на патување се добиваат или од набљудувањата или од моделите за Земјата. Тие ја даваат, како функција од епицентралното растојание D и длабочината на хипоцентарот h , разликата помеѓу *почетните времиња* t_{0x} на соодветните сеизмички фази x и *почетното време* OT на сеизмичкиот извор. Почетните времиња го означуваат првото пристигнување на енергија од група на сеизмички бранови. Препознавањето на брановиот почеток зависи од спектралниот однос сигнал - шум (SNR) за дадена бранова форма во целост и наклонот и амплитудата на нејзиниот преден крај. И двете се контролираат со формата и ширината на сеизмографот за снимање или филтерот. Постои класична конвенција во сеизмолошката пракса за класифицирање на почетните времиња, како квалитативна мерка, или како импулсивни (i) или новонастанати (e). Малите букви се ставаат пред симболот за фазата. Генерално, полесно е да се препознае и прецизно да се избере најпрвото пристигнување, обично на Р - бран, на сеизмограмот отколку покасните фази кои пристигнуваат во рамките на шумот генериран од сигналот на поранешните бранови.

Релативната точност со која се одредува почетокот зависи од факторите кои претходно беа опишани, но апсолутната точност на мерење на почетното време е контролирано од достапно референтно време. Фазите на сеизмичките просторни бранови патуваат брзо. Нивните привидни брзини на површината се рангираат помеѓу 3 km/s и 100 km/s (дијаметрално спротивно, брзината е бесконечна). Затоа, за процена на сигурните епицентри и одредување на добар модел на Земјата од податоците за времињата на патување, потребна е апсолутна точност на почетното време до помалку од секунда и идеално помалку од 0,1 секунда.

На слика 5 е прикажана дигитална снимка со временска скала експандирана до 12 mm/s. Почетното време може веродостојно да се избере со точност од неколку десетинки од секунда. Првото пристигнување на овој Р - бран е класифициран како импулсивен (i) почеток. Но, со проширување на скалата на амплитудата, почетокот на пристигнувањето на бранот станува поостар, па затоа почетокот се појавува како импулсивен.



Сл. 5. Мерење на почетно времиња на првото движење, фаза и поларност (с - компресија, d - дилатација), максимална амплитуда A и периодот T за остар (i - импулсивен) почеток на Р бран

Додека квалитетот, квантитетот и просторната дистрибуција на пиковите на времето го контролира прецизното одредување на локацијата на изворот, квалитетот и квантитетот на читањата на амплитудата за одредени специфични сеизмички фази ја одредува репрезентативноста на *магнитудата*, која обично се одредува од читањата за максимално поместување на плото и поврзаните периоди за површинските и просторните групи на бранови.

Максималните амплитуди на сеизмичките снимки треба да се корегираат за зголемувањето на сеизмографот, кое зависи од фреквенцијата, за да се одреди „вистинската“ амплитуда на поместување на плото, обично дадена во нанометри ($1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$) или микрометри ($1 \mu\text{m} = 10^{-6} \text{ m}$), за даден период.

2.2. Критериуми за одредување на фаза

Време на патување и бавност

Времињата на патување на одредени сеизмички бранови не се само клучна информација за локација на настанот, туку и за идентификација на пристигнување на сеизмички бранови и одредување на структурата на Земјата вдоль патеките на тие бранови.

Поради структурата на Земјата, разликите во времето на патување за различни бранови варираат со растојанието. Затоа, најдобар начин за одредување на сеизмичките бранови или снимка од една станица е да се конструираат дијаграми, односно диференцијални криви на времето на патување на бранот во однос на првото пристигнување на P - бранот или апсолутни криви на времето на патување на бранот во однос на почетното време. Добиените криви треба да имаат иста резолуција за времето како и на сниманите податоци за да може да се одредува совпаѓање на различни растојанија. На ваков начин, кривите за време дозволуваат одредување на фазите кои најдобро се совпаѓаат, а исто така и пресметување на растојанието на станицата од епицентарот на изворот.

Теоретските времиња на патување на главните сеизмички фази отстапуваат за помалку од 2 секунди од набљудуваните. Спротивно на ова, локалните и регионалните криви за времето на патување за фазите во кората и горната мантија можат многу да варираат од еден до друг регион. Ова е поради изразената латерална варијација на дебелината на кората, како и структурата, староста и брзините на сеизмичките бранови во континентални и океански области. Ова значи дека криви за времето на патување треба да се добиваат за секој регион посебно со цел да се подобри идентификацијата на фазите и пресметката на растојанието до изворот и неговата длабочина.

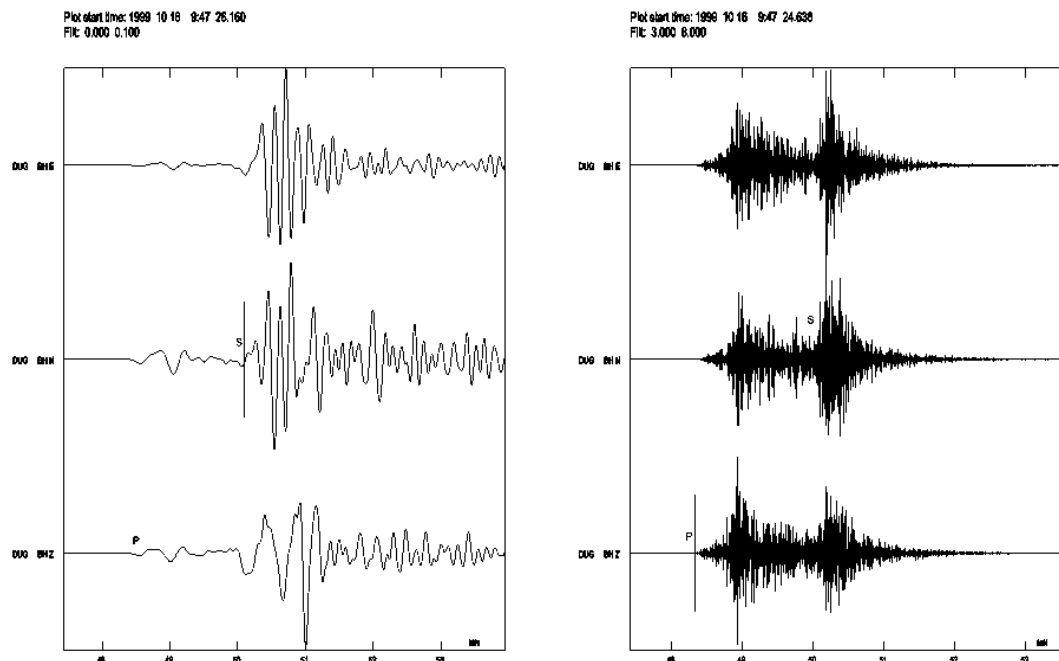
Амплитуди, доминатни периоди и бранови форми

Амплитудите на сеизмичките бранови варираат со растојанието, поради геометриското ширење, фокусирање и дефокусирање предизвикано од варијациите во брзината на брановите и атенуацијата. За прецизно одредување на фазите на просторните бранови, треба да се прави разлика помеѓу групите на просторни и површински бранови, а потоа да се пресмета дали изворот е плиток, на средна длабочина или е многу длабок. Бидејќи површинските бранови имаат поголема бранова должина, имаат помала атенуација и влијанието на малите структурни нехомогености е помало отколку кај просторните бранови. Затоа на сеизмограмите на плитките земјотреси, амплитудите на површинските бранови доминираат во однос на амплитудите на просторните бранови.

Меѓутоа, со зголемување на длабочината на изворот, амплитудите на површинските бранови се намалуваат во однос на просторните бранови. Значи, површинските бранови од земјотреси на средни ($> 70 \text{ km}$) или големи ($> 300 \text{ km}$) длабочини можат да имаат помали амплитуди, отколку просторните бранови и воопшто да не бидат забележани на сеизмограмите.

Друга особина која помага при идентификација на фазите е брановата форма. Најзабележителна е разликата меѓу брановите форми на површинските и просторните бранови. Дисперзијата на површинските бранови резултира со долги бранови со амплитуда која се зголемува па потоа опаѓа, додека недисперзните просторни бранови формираат краткотрајни бранчиња. Вообичасно, брановите со подолги периоди пристигнуваат први („нормална“ или „позитивна“ дисперзија).

За земјотрес со даден сеизмички момент, максималната амплитуда на S бранот е околу пет пати поголема во изворот, отколку истата на P - бранот. Ова е последица на различните брзини на ширење на P и S брановите. Исто така, и спектарот е различен за секој тип на бранови. Така, спектарот на изворот на P - бранот има аголни фреквенции за околу $\pi/3$ повисоки од оние на S - бранот. Во високо - фреквентни филтрирани снимки ова може да ги зголеми амплитудите на P - брановите во однос на S - брановите (сл. 6 десно).



Сл. 6. Сеизмограми: лево - филтриран со ниско - пропустлив филтер (< 0.1 Hz) и десно - филтриран со band-pass филтер (3.0-8.0 Hz)

2.3. Рутинска обработка на сигнали од дигитални сеизмограми

Стандардната анализа вклучува пред - обработка на сите податоци и постапки за обработка за интерпретација и инверзија на широкопојасните сеизмограми. Значајни процеси во доменот на времето се детекција на сигналот, филтрирање на сигналот, реституција и симулација, избирање на фаза, анализа на поларизацијата. Во фреквентниот домен, основни постапки се фреквентниот бранов број ($f - k$) и спектралната анализа.

Прва задача во рутинската анализа на податоци е детекција на сеизмички сигнал. Сигналот се разликува од сеизмичката бучава или врз основа на неговата поголема амплитуда или разликата во неговата форма и фреквенција. За детекција на сигналот се користат разни методи, а најчесто се применуваат детектори на праг и анализа на фреквентен бранов број за континуирана низа од податоци. Бидејќи прагот не е константен, туку варира со сезоната и времето од денот, затоа детекторите ја одредуваат само просечната јачина на сигналот.

Во пракса, снимките се филтрираат пред да се користат детектори. Најчесто се користат високо - пропустлив филтер со аголна фреквенција $f_c > 0.5$ Hz или стандардни band-pass типови на филтри со централна фреквенција $f = 1$ Hz за телесеизмички P бранови и високо - пропустливи филтри со $f_c > 1$ Hz за локални извори [3].

Заклучок

Обработката на податоци на сеизмичка секвенца бара примена на компјутерски програми за да може да се добие сеизмичка слика според која може да се толкува потповршинскиот дел.

Описот на една типична обработка на секвенца се фокусира на три од нејзините главни цели. Првата цел на сеизмичката обработка е да се подобри временската резолуција на сеизмичките податоци, втората е подобрување на нискиот сигнал до квалитетен сигнал, кој е потребен за интерпретација на сеизмичките податоци и третата цел е подобрување на латералната резолуција на сеизмичките податоци.

Опишаната анализата на сеизмограми и добивањето на вредноста на сеизмичките параметри се објаснети преку основните барања во аналогната и дигиталната пракса. Сеизмограмите се основни информации за земјотресите, хемиски и нуклеарни експлозии, земјотреси индуцирани од минирање, кршење на карпите и други настани кои генерираат сеизмички бранови. Тие го рефлектираат заедничкото влијание на сеизмичкиот извор, патеката на ширење на брановите, опсегот на фреквенцијата на уредот за снимање и амбиенталната бучава во местото каде се снима.

При анализа на сеизмичка снимка, најпрво, се оценува времетраењето на сигналот. Поради различната природа и брзина на ширење на сеизмичките бранови и различните патеки на ширење до една станица, разликите во времето на патување помеѓу главните бранови групи обично расте со растојанието.

Почетните времиња на групите од сеизмички бранови, пристигнувањето на првиот и главен P - бран, амплитудата, периодот и поларитетот се клучните влезни параметри за локација на сеизмички настани. Времињата на патување на одредени сеизмички бранови не се само клучна информација за локација на настанот, туку и за идентификација на пристигнување на сеизмички бранови и одредување на структурата на Земјата вдоль патеките на тие бранови.

References

- [1]. Bormann, P., Klinge, K., Wendt, S. (2009 online): Data Analysis and Seismogram Interpretation (Chapter 11). - In: Bormann, P. (Ed.), New Manual of Seismological Observatory Practice (NMSOP), Potsdam : Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ, 1-102.
- [2]. Донева Б. (2014). Дефинирање на корелационата зависност помеѓу сеизмичкото и магнетното поле - модел за Република Македонија. Докторска дисертација. Факултет за природни и технички науки, Штип.
- [3]. Douglas, A. (1997). Bandpass filtering to reduce noise on seismograms: is there a better way?. Bull. Seism. Soc. Am., 87, 770-777.
- [4]. Постолова С. (2013). Методи за анализа на сеизмограм. Магистерски труд. Факултет за природни и технички науки, Штип.