



Zbigniew ISAKOW*, Aureliusz PYSIK**, Mariusz PRZYBYŁA***,
Jacek JUZWA***, Irena KUCIARA****

Oprogramowanie narzędziowe strimera Seismobile

Streszczenie: Oprogramowanie strimera sejsmicznego Seismobile składa się z oprogramowania narzędziowego przeznaczonego do obsługi sprzętu pomiarowego oraz oprogramowania do przetwarzania i interpretacji danych. W pracy przedstawiono funkcje oprogramowania narzędziowego pozwalającego użytkownikowi na zarządzanie zestawem modułów pomiarowych oraz wzbudnikiem. Jest to oprogramowanie dedykowane, specjalnie opracowane na potrzeby tego strimera. Przedstawione możliwości oprogramowania dotyczą programowania konfiguracji strimera przed pomiarami, realizacji pomiarów wraz ze sterowaniem wzbudnikiem oraz funkcji diagnostycznych.

Podstawowym elementem strimera są linie pomiarowe z zestawami pomiarowymi i modułami pomiarowymi. Strimer Seismobile posiada od 1 do 4 linii pomiarowych, gdzie w skład każdej linii może wchodzić do 24 modułów pomiarowych. Moduły pomiarowe – zapisują sygnał z geofonów rejestrowany w miejscu ich zainstalowania. Moduły mogą pracować w trybie rejestracji ciągłej i trybie rejestracji zdarzeń wyzwalanych sygnałem ze wzbudnika. Moduły pomiarowe rejestrują dane w swojej pamięci typu Flash, w której mogą zapisać do 32 GB danych podczas ciągłej rejestracji. Przeprowadzenie sesji pomiarowej wymaga wykonania wielu czynności przygotowawczych przed pomiarem w celu konfiguracji strimera i sprawdzenia prawidłowego działania jego elementów. W czasie pomiarów można kontrolować konfigurację zapisów oraz sprawdzać jakość zarejestrowanych danych. Pozyskane z pomiarów dane są segregowane i archiwizowane w formacie dostosowanym do dalszego przetwarzania i interpretacji z wykorzystaniem oprogramowania interpretacyjnego właściwego dla schematu pomiarowego.

Słowa kluczowe: system Seismobile, strimer sejsmiczny, oprogramowanie narzędziowe, moduł pomiarowy, wzbudnik, geofon, akcelerometr, pamięć Flash

Utility software for the Seismobile streamer

Abstract: Software for the seismic streamer in the Seismobile system consists of utility software designed to support measuring equipment and software for data processing and interpretation. The paper presents the features of the utility software that allow a user to manage a set of measurement modules and the module of the seismic source exciter. The software is specialized and dedicated solely for this streamer. Its capabilities contain pro-

* Dr inż., prof. ITI EMAG, ** Inż., *** Mgr inż., **** Mgr, Instytut Techniki Innowacyjnych EMAG, Katowice.

gramming of the streamer's configuration before measurements, performing a measurement process including a control of the exciter and various diagnostic functions.

The basic element of the streamer are measuring lines with installed measurement sets and modules. The Seismobile streamer consists of 1 to 4 measuring lines, wherein a part of each line may comprise up to 24 of measurement units. Measuring modules record a signal from the geophones at the site of their location. They can operate in a continuous recording mode or in the mode of recording events triggered by a signal from the exciter. Measuring modules record the data in its Flash memory, which can store up to 32 GB of data during the mode of continuous recording. Conducting a measurement session requires a lot of preparatory activities to be done before the start of measurements in order to settle the streamer's configuration and check for the proper operation of its components. During the measurements, one can control the configuration of the records and check the quality of the recorded data. Data obtained from the measurements is sorted and stored in a format adapted for further processing and interpretation, considering the analysis software to be applied in the arranged measurement scheme.

Keywords: Seismobile system, seismic streamer, utility software, measurement module, seismic source exciter, geophone, accelerator, Flash memory

Wprowadzenie

Strimer sejsmiczny Seismobile jest mobilnym urządzeniem, którego głównym elementem jest układ specjalnie zamontowanych geofonów, przystosowanych do ciągnięcia po powierzchni terenu (Kubańska i in. 2016). Szerszy przegląd różnych zagadnień związanych ze strimerem Seismobile można znaleźć w pracach Pileckiego i in. (2014 a, b i c; 2016 a i b) oraz Isakowa i in. (2016).

Oprogramowanie strimera sejsmicznego Seismobile składa się z oprogramowania narzędziowego przeznaczonego do obsługi sprzętu pomiarowego oraz oprogramowania do przetwarzania i interpretacji danych nazywanego interpretacyjnym (Kubańska i in. 2016).

Oprogramowanie narzędziowe umożliwia konfigurowanie pomiarów oraz kontrolę poprawności działania elementów strimera przed pomiarem, a następnie zarządzanie modułami pomiarowymi i wzbudnikiem w trakcie pomiaru, segregację i archiwizację dokonanych zapisów. W trakcie pomiarów możliwy jest podgląd tras i zestawienie zarejestrowanych zapisów w różnych konfiguracjach. Dane pomiarowe zostają zapisane w formacie SEGY.

Oprogramowanie interpretacyjne służy do przetwarzania i interpretacji zapisów z wykorzystaniem właściwego modułu oprogramowania dobrane do schematu pomiarowego (refleksyjnego, refrakcyjnego lub MASW) w układzie 1D, 2D lub 3D. Dla potrzeb pomiarów sejsmicznych 3D w strimerze Seismobile zastosowano program SeismicPro firmy GeoGiga. Jest to oprogramowanie komercyjne umożliwiające jednoczesne, interaktywne przetwarzanie oraz interpretację metod profilowania refrakcyjnego, refleksyjnego oraz fal powierzchniowych.

W pracy przedstawiono funkcje oprogramowania narzędziowego pozwalającego użytkownikowi na zarządzanie zestawem modułów pomiarowych oraz wzbudnikiem w celu sprawnego wykonania pomiarów.

1. Konfiguracja strimera i kontrola poprawności działania jego elementów przed pomiarami

Zakres czynności przed pomiarem

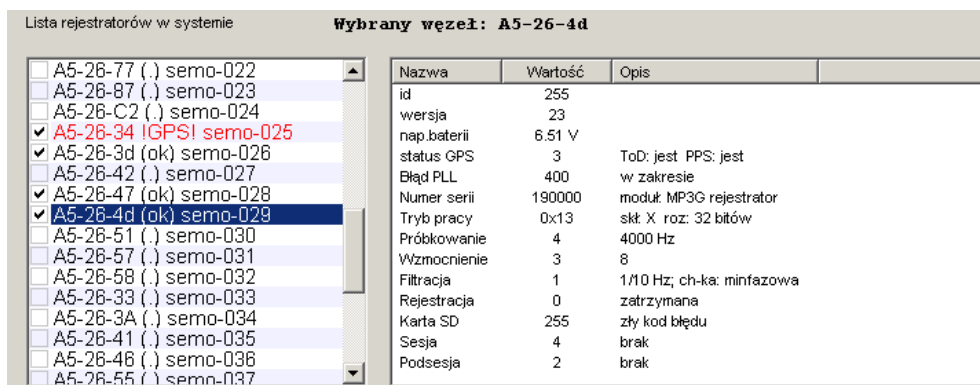
Oprogramowanie narzędziowe pozwala przed rozpoczęciem pomiarów na skonfigurowanie strimera oraz sprawdzenie poprawności jego działania. W tym celu należy wykonać następujące czynności:

1. Identyfikację modułów pomiarowych, która polega na automatycznym wpisaniu numerów identyfikujących moduły pomiarowe, adresów sieciowych oraz nazw ułatwiających obsługę systemu.
2. Sprawdzenie działania modułów pomiarowych, która polega w pierwszej kolejności na automatycznym sprawdzeniu możliwości komunikacji komputera na którym uruchomiono oprogramowanie z każdym modułem pomiarowym. Do komunikacji używany jest modem radiowy. Konieczne jest także automatyczne sprawdzenie prawidłowości odbioru sygnału GPS w modułach pomiarowych i module pomiarowym wzбудnika, który używany jest do synchronizacji podstawy czasu rejestracji.
3. Konfigurację parametrów pracy modułów pomiarowych, która polega na ustawieniu wartości parametrów takich jak: wzmocnienie, częstotliwość próbkowania, parametry filtrów i tryb pracy tj. rozdzielczość próbkowania (24 lub 32 bity) i liczba rejestrowanych składowych drgań.
4. Deklarację sesji pomiarowej, która polega na utworzeniu w pamięci modułów pomiarowych katalogów zawierających dane pomiarowe.
5. Konfigurację geometrii systemu, która polega na zapisaniu danych opisujących lokalizację modułów pomiarowych przed rozpoczęciem pomiarów. Każde gniazdo modułu pomiarowego ma swój identyfikator, który jest odczytywany przez moduł pomiarowy i zapisywany w jego pamięci oraz w bazie danych programu narzędziowego.
6. Kontrolę modułu sterowania wzбудnikiem, która polega na sprawdzeniu jakości wzbudzonego sygnału.

Zarządzanie modułami pomiarowymi

Moduły pomiarowe używane w czasie pomiarów wpisywane są na tzw. listę modułów pomiarowych (rejestratorów) (rys. 1). Wpisu modułu pomiarowego dokonuje się edytując plik nodes.txt. Każdy wpis na liście zawiera następujące elementy: pole wyboru – sygnalizacja łączności z modułem pomiarowym, adres modułu pomiarowego, pole statusu odbiornika GPS, pole nazwy modułu pomiarowego (część nazwy zawiera numer seryjny). Status GPS sygnalizowany jest przez wyświetlenie napisu OK w przypadku uzyskania synchronizacji przez odbiór sygnału GPS, lub napisem *!GPS!* jeżeli brak jest synchronizacji. Jeżeli status modułu jest nieznan, np. nie został jeszcze odczytany pojawi się napis (.).

Widoczna z lewej strony rysunku 1 tabela właściwości węzła pozwala sprawdzić ustawienia modułu pomiarowego. Zbiór tych ustawień nazywany jest statusem modułu pomiarowego.



Rys. 1. Lista modułów pomiarowych (rejestratorów)(z lewej strony) i status wybranego modułu pomiarowego (z prawej strony)

Fig. 1. List of measurement modules (loggers) and status of the selected measuring module

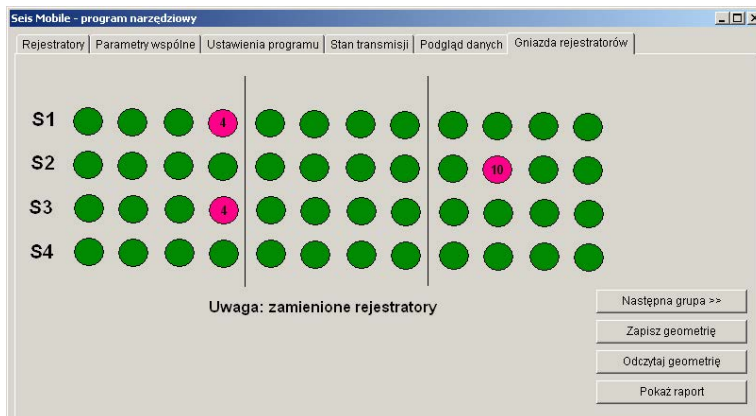
Kontrola geometrii modułów pomiarowych

Miejsca instalacji modułów pomiarowych na taśmie oznaczone są przy pomocy zamontowanych na stałe identyfikatorów tagów RFID (Isakow i in. 2016). Każde gniazdo modułu pomiarowego ma swój niepowtarzalny w systemie numer. Tym numerem oznaczane są dane pomiarowe. Należy podkreślić, że dzięki takiemu rozwiązaniu użytkownik nie musi kontrolować rozmieszczania modułów pomiarowych w strimerze. Kontrola rozmieszczenia modułów pomiarowych na taśmach jest jedną z funkcji oprogramowania narzędziowego Seismobile. W zakładce *Gniazda* znajduje się schemat systemu, na którym widoczne są linie pomiarowe S1, S2, S3 i S4. Używając przycisku *Następna grupa* można przełączyć widok na kolejne moduły pomiarowe.

Przed pierwszym pomiarem należy wyświetlić geometrię systemu. Przycisk *Odczytaj geometrię* włączy odczyt numerów tagów RFID wszystkich modułów pomiarowych. Jeżeli jest to początek pomiarów, to odczytana geometria jest układem początkowym, który nie podlega porównaniu z poprzednim układem. Układ numerów seryjnych modułów pomiarowych zapisujemy przyciskiem *Zapisz geometrię*. Geometrię można sprawdzać podczas badań, czy nie nastąpiła jakaś zmiana położenia modułów pomiarowych, np. podczas przemieszczania strimera. Wszystkie zgodne pozycje modułów pomiarowych oznaczone są kółkami w kolorze zielonym (rys. 2). Jeżeli będzie wykryta niezgodność, wtedy kolor zostanie zmieniony na czerwony lub kolor żółty, jeżeli wystąpił błąd odczytu. Wyświetli się także numer gniazda na linii pomiarowej, którego niezgodność dotyczy.

Sprawdzanie statusu modułu pomiarowego

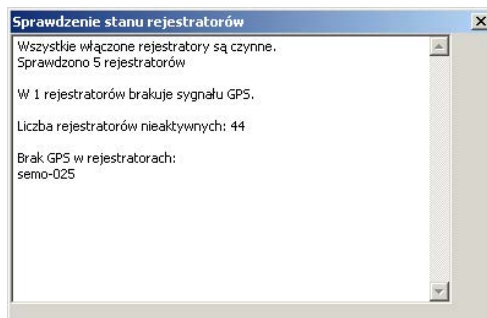
Przed rozpoczęciem pomiarów należy sprawdzić status modułów pomiarowych w celu uzyskania poprawnej synchronizacji czasu po odebraniu sygnału GPS. Moduł pomiarowy, z którym uzyskano łączność, zostaje włączony do dalszych procedur pomiarowych. Jeżeli istnieje potrzeba sprawdzenia wszystkich modułów pomiarowych np. na początku badań, należy zaznaczyć wszystkie moduły pomiarowe naciskając przycisk *ZW* (zaznacz wszystkie). Spowoduje to podjęcie komunikacji z każdym modułem pomiarowym i „odświeżenie”



Rys. 2. Panel kontroli geometrii modułów pomiarowych

Fig. 2. Panel for a geometry check of the measurement modules

listy aktywności modułów pomiarowych. Moduły, które nie odpowiedzą na wysłane polecenie, zostaną zaznaczone jako nieaktywne. Ponadto zostanie wyświetlone okno informujące zbiorczo o wyniku sprawdzenia stanu modułów pomiarowych, a także zawierające numery/nazwy modułów pomiarowych, które być może wymagają interwencji (rys. 3).

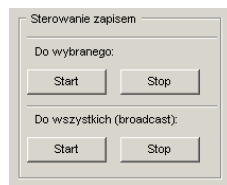


Rys. 3. Panel sprawdzania stanu modułów pomiarowych

Fig. 3. Panel for a status check of the measurement modules

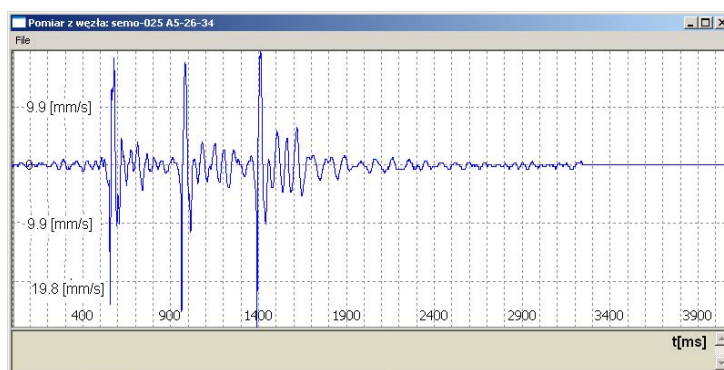
Kontrola poprawności działania toru transmisji

Panel *Sterowanie zapisem* pozwala wysłać polecenie do wybranego modułu pomiarowego, aktywnego na liście modułów pomiarowych, lub do wszystkich w celu kontroli poprawności działania modułu pomiarowego (rys. 4). Kontrola ta polega na wzbudzeniu geofonu impulsem wysłanym z modułu pomiarowego. Po wysłaniu polecenia odczytu próbek (przycisk *Odczyt próbek – tryb testowy*), pobrana zostanie zawartość bufora pomiarowego z modułu pomiarowego i następnie wyświetlony przebieg zarejestrowanego sygnału (rys. 5). Sprawność całego toru transmisji sygnału można sprawdzić pobudzając geofon mechanicznie, np. przez delikatne stuknięcie w jego obudowę.



Rys. 4. Panel sterowania zapisem

Fig. 4. Panel for control of recording



Rys. 5. Sygnał testowy ze sprawdzanego modułu pomiarowego

Fig. 5. Test signal from a measurement module

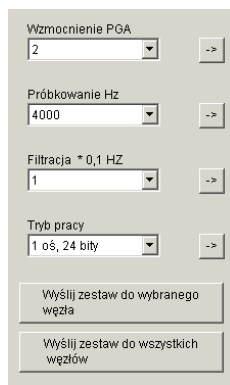
Ustawianie parametrów modułu pomiarowego

W zakładce *Parametry* można ustawić wartości parametrów modułów pomiarowych związane z przetwarzaniem sygnału uzyskiwanego z geofonów. Wartości tych parametrów można zmieniać następująco:

- wzmacnienie sygnału w zakresie od 2 do 128,
- częstotliwość próbkowania w zakresie 250 Hz, 500 Hz, 1 kHz i 4 kHz (wartość domyślna),
- częstotliwość filtra wejściowego górnoprzepustowego – w zakresie od 0,1 Hz do 1 Hz co 0,1 Hz z możliwością jego wyłączenia oraz dolnoprzepustowego ustawianą automatycznie w funkcji częstotliwości próbkowania 250 Hz – 103,25 Hz, 500 Hz – 206,5 Hz, 1 kHz – 413,0 Hz, 2 kHz – 826,0 Hz, 4 kHz – 1652 Hz,
- rozdzielczość próbkowania 24 bity lub 32 bity ustawiana domyślnie przy zadeklarowanej rejestrowanej jednej składowej drgań na 32 bity.

Parametry można wysyłać do wszystkich modułów pomiarowych, bądź do wybranego. Używając przycisków oznaczonych strzałką (rys. 6), obok każdej rozwijanej listy parametrów, można wysłać tylko wybrany, jeden parametr. Po wysłaniu parametrów wskazane jest sprawdzenie ustawień przez ich pobranie zwrotne i sprawdzenie z wybranymi przez operatora wartościami. Służy do tego przycisk *Porównaj ustawienia wszystkich modułów pomiarowych z zestawem*. Po naciśnięciu przycisku zostanie pobrany rekord statusu zawierający zaprogramowane parametry, a następnie zostaną one porównane z wartościami widocznymi

w panelu *Ustawienie parametrów wspólnych modułów pomiarowych*. Po porównaniu wyświetli się okno z informacjami o wyniku porównań, dzięki czemu można odnaleźć moduł pomiarowy, którego ustawienia różnią się (rys. 7).



Rys. 6. Panel zawierający listy rozwijane z parametrami modułów pomiarowych

Fig. 6. Drop-down lists of measurement modules' parameters



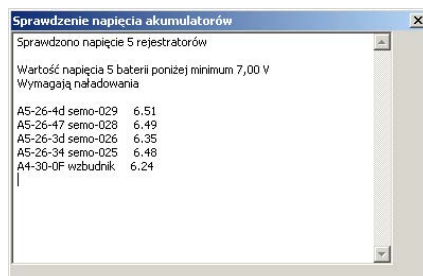
Rys. 7. Panel porównania ustawień modułów pomiarowych

Fig. 7. Panel for comparison of measurement modules' settings

Ponadto w zakładce *Parametry* można sprawdzić wersję oprogramowania modułów pomiarowych oraz napięcia akumulatorów. Stopień naładowania akumulatorów można również sprawdzić podczas ich składowania w panelu ładowania. Po wpisaniu w pole edycyjne minimalnej wartości napięcia akumulatora, naciskając przycisk *Sprawdź napięcie*, otrzymamy komunikat zawierający wyliczenie modułów pomiarowych, które wymagają naładowania (rys. 8).

Ustawianie parametrów programu

W zakładce *Ustawienia programu* znajdują się parametry mające wpływ na działanie programu, które użytkownik może zmieniać. Wszystkie ustawienia są zapisywane w konfiguracji po wyłączeniu programu i uruchamiane po ponownym jego załączeniu. Można ustalać następujące parametry:



Rys. 8. Panel porównania napięcia akumulatorów z zadaną wartością

Fig. 8. Panel for comparison batteries voltage with their set values

- *Pretrigger* – liczba próbek która poprzedza moment wyzwolenia sygnału. Dla danych pomiarowych (wysokiej rozdzielczości próbkowania 4 kHz) sąsiednie próbki oddalone są od siebie w czasie o 250 μ s, natomiast dla potrzeb podglądu zapisów (dane niskiej rozdzielczości próbkowania 1 kHz) sąsiednie próbki oddalone są od siebie o 1ms.
- *Liczba uderzeń w cyklu automatycznym* – liczba sumowań, które zostaną wykonane podczas składania rejestracji, co odpowiada liczbie uderzeń wzbudnika, a zarazem liczbie plików z zapisami.
- *Nazwa ostatniej sesji/podsjesji* są to zapamiętane nazwy odpowiadające nazwom katalogów zawierających dane w kartach Flash.
- *Użyj dźwięku do sygnalizacji oczekiwania* włącza lub wyłącza dźwięk w fazie oczekiwania na uruchomienie wzbudnika.

2. Zarządzanie pomiarem

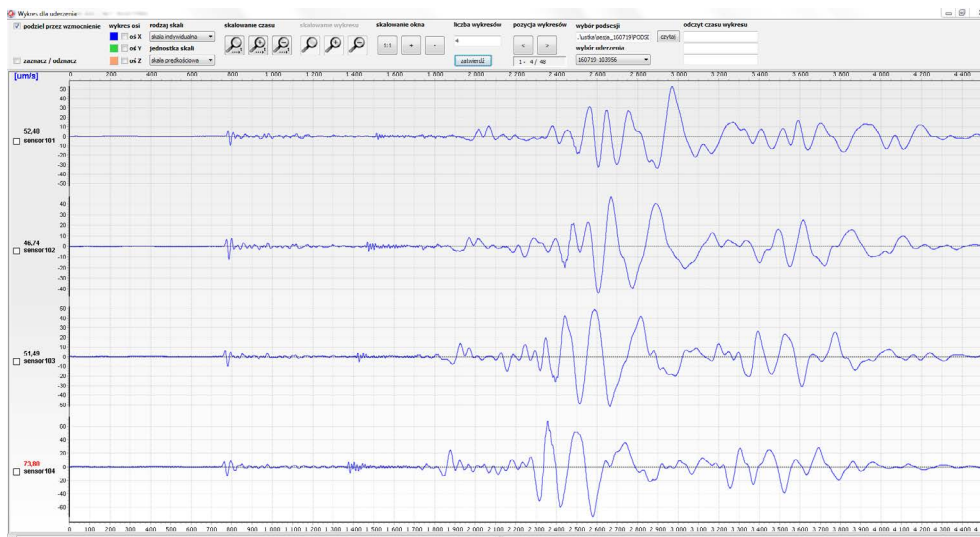
Realizacja pomiaru

Pomiar można wykonać z jednym wzbudzeniem sygnału lub z wielokrotnym jego składaniem. Przycisk *Rozpocznij 1 pomiar* powoduje uruchomienie procedury pomiarowej. Do wzbudnika zostaje wysłane polecenie startu. Następnie pojawia się okno oczekiwania na sygnał. W wyniku wzbudzenia sygnału, moduł wzbudnika musi zarejestrować sygnał pochodzący z akcelerometru zainstalowanego na wzbudniku. W module wzbudnika zostaje zapisany czas wzbudzenia sygnału, który jest czasem zerowym dla rejestracji w modułach pomiarowych. Wyświetlane są zapisy pobierane z aktywnych modułów pomiarowych (rys. 9).

Po naciśnięciu przycisku *Odczyt próbek wg czasu*, z modułu pomiarowego zostaje pobrana zawartość bufora od momentu wzbudzenia sygnału, z uwzględnieniem ustalonego okresu zapisu. Przycisk *Rozpocznij cykl pomiarów* spowoduje wykonanie składania ustalonej wcześniej liczby cykli pomiarowych.

Zapis danych

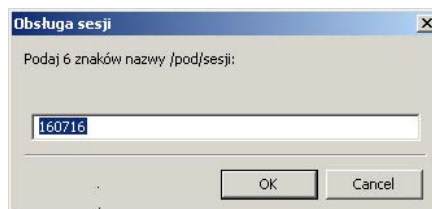
Katalogi (tzw. sesje) z danymi pomiarowymi są tworzone w pamięci typu Flash modułów pomiarowych. Nazwa katalogu może być skojarzona z datą wykonywania pomiarów



Rys. 9. Zarejestrowane sygnały pobrane z wybranych modułów pomiarowych

Fig. 9. Recorded signals received from chosen measurement modules

natomiast nazwa podkatalogu (tzw. podsesje) może być związana z miejscem wzbudzenia sygnału (rys. 10). Domyślnie dane pomiarowe będą zapisywane w katalogach nazwanych NONAME. Format nazw plików z danymi jest ustalony na stałe i zawsze zawiera datę i czas wykonywania pomiaru. Dzięki temu, można zidentyfikować dane również wtedy, gdy nie ustalono nazw sesji i podsesji.

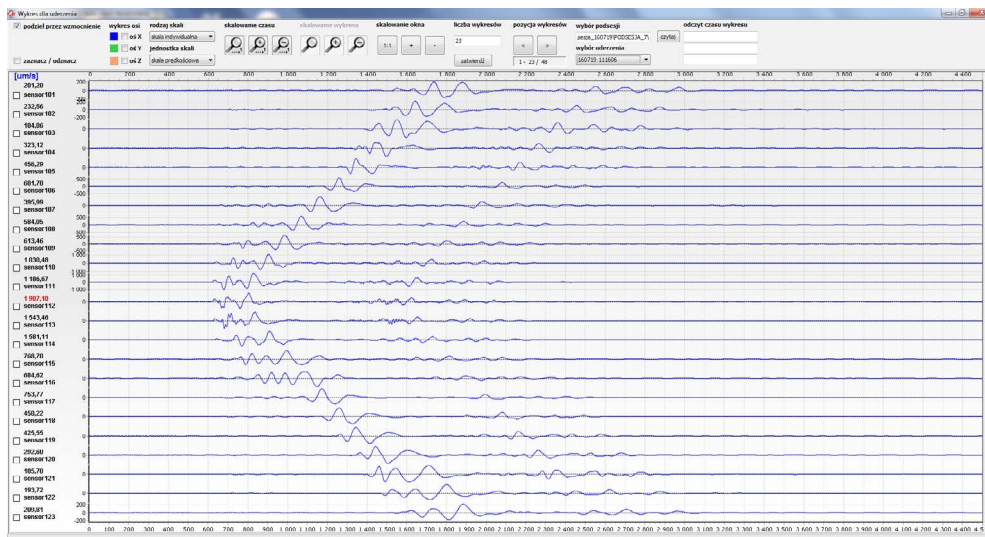


Rys. 10. Ustalenie nazwy sesji pomiarowej

Fig. 10. Setting a name of measurement session

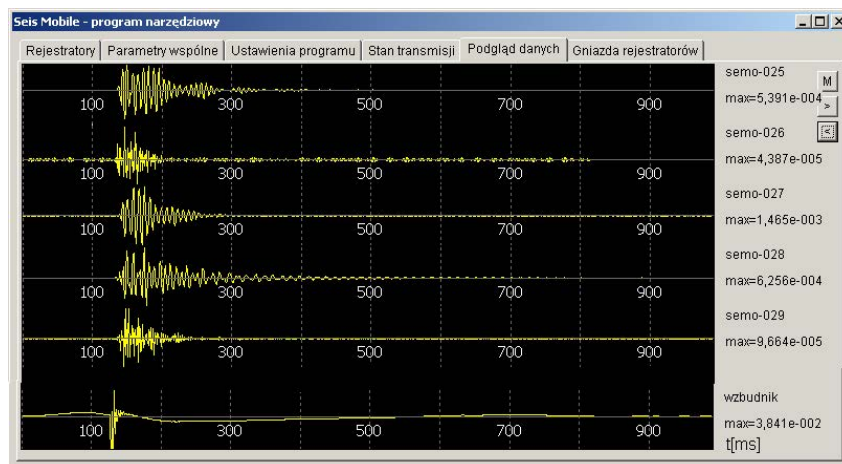
Podgląd danych

Panel podglądu danych pozwala na obserwację zapisów, dzięki czemu możliwa jest bieżąca obserwacja jakości i konfiguracji rejestrowanych sygnałów (rys. 11). Widok grupy zapisów można zmieniać przyciskami nawigacji (rys. 12). Zapisy są grupowane według numerów seryjnych modułów pomiarowych. Grupa 24 modułów pomiarowych odpowiada jednej linii pomiarowej. Maksymalnie mogą być 4 grupy pomiarowe, tj. 96 modułów pomiarowych. W dolnej części formularza znajduje się obraz sygnału z akcelerometru wzbudzenia.



Rys. 11. Podgląd zapisu na 24 modułach pomiarowych

Fig. 11. View of recorded signals received from 24 measurement modules



Rys. 12. Widok zapisów pobranych z modułów pomiarowych od 25 do 29 oraz sygnału wzbudnika

Fig. 12. View of recorded signals received from the measurement modules 25 to 29 and the exciter

dnika. Pozwala to na porównanie opóźnień sygnałów z modułów pomiarowych względem momentu wyzwolenia wzbudnika.

3. Funkcje pomocnicze

Przyciski w zakładce *Rejestrator* uruchamiają czynności diagnostyczne ułatwiające zarządzanie siecią modułów pomiarowych. Są to następujące funkcje:

- *Reset modułu pomiarowego* wywołuje restart wybranego modułu pomiarowego bez kasowania zawartości pamięci.
- *Odczyt pozycji GPS* pozwala pobrać informacje ze zintegrowanego odbiornika GPS i wyświetlić je w oknie.
- *Test geofonów* pozwala wysłać do modułu pomiarowego polecenie testowania geofonów przez podanie niewielkiego napięcia stałego na cewkę geofonu i wymuszenie w ten sposób jego oscylacji.
- *Restart kart SD* wywołuje funkcję restartu kart pamięci Flash. Funkcja jest użyteczna w przypadku wystąpienia problemów z połączeniem podczas pobierania danych z pamięci.
- *Wyłącz moduł pomiarowy* pozwala wyłączyć zasilania modułów pomiarowych, co jest użyteczne po zakończeniu pomiarów. Po wysłaniu tego polecenia łączność z modułami pomiarowymi jest zakończona, a ponowne załączenie będzie możliwe tylko ręcznie, przy użyciu przycisku *włącz/wyłącz* w module pomiarowym.

Podsumowanie

W pracy przedstawiono funkcje oprogramowania narzędziowego służącego do obsługi strimera Seismobile. Jest to oprogramowanie dedykowane, specjalnie opracowane na potrzeby tego strimera. Podstawowym elementem strimera są linie pomiarowe z zestawami pomiarowymi i modułami pomiarowymi. Strimer Seismobile posiada od 1 do 4 linii pomiarowych, gdzie w skład każdej linii może wchodzić do 24 modułów pomiarowych. Moduły pomiarowe zapisują sygnał z geofonów rejestrowany w miejscu ich zainstalowania. Moduły mogą pracować w trybie rejestracji ciągłej i trybie rejestracji zdarzeń wyzwalanych sygnałem ze wzбудnika. Moduły rejestrują dane w swojej pamięci typu Flash, w której mogą zapisać do 32 GB danych podczas ciągłej rejestracji. Przeprowadzenie sesji pomiarowej wymaga wykonania wielu czynności przygotowawczych przed pomiarem w celu konfiguracji strimera i sprawdzenia prawidłowego działania jego elementów. Oprogramowanie narzędziowe pozwala użytkownikowi na zarządzanie zestawem modułów pomiarowych oraz wzbudnikiem. Przedstawione możliwości oprogramowania dotyczą konfiguracji strimera, realizacji pomiarów wraz ze sterowaniem wzbudnikiem oraz funkcje diagnostyczne.

Artykuł został opracowany w wyniku realizacji projektu nr UOD-DEM-1-303/001 o akronimie SEISMOBILE uzyskanego w ramach przedsięwzięcia pilotażowego Wsparcie badań naukowych i prac rozwojowych w skali demonstracyjnej DEMONSTRATOR+ dofinansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju.

Literatura

- Kubańska i in. 2016a – Kubańska, A., Isakow, Z. i Pilecki, Z. 2016a. Założenia funkcjonalne systemu Seismobile. *Zeszyty Naukowe IGSMiE PAN* nr 93, s. 133–142, Kraków.
- Isakow i in. 2016 – Isakow, Z., Siciński, K. i Sierodzki, P. 2016. Innowacyjne rozwiązania w akwizycji danych pomiarowych w strimerze Seismobile. *Zeszyty Naukowe IGSMiE PAN* nr 93, s. 155–168, Kraków.
- Pilecki i in. 2014a – Pilecki, Z., Harba, P., Laszczak, M., Adamczyk, A. i Cielesta, Sz. 2014a. Strimery w sejsmice inżynierskiej. *Przegląd Górniczy* 7, s. 32–38..
- Pilecki i in. 2014b – Pilecki, Z., Harba, P., Adamczyk, A., Krawiec, K. i Pilecka, E. 2014b. Geofony w sejsmice inżynierskiej. *Przegląd Górniczy* 7, s. 12–21.
- Pilecki i in. 2014c – Pilecki, Z., Harba, P., Czarny, R., Cielesta, Sz. i Pszonka, J. 2014c. Źródła drgań w sejsmice inżynierskiej. *Przegląd Górniczy* 7, s. 22–31.
- Pilecki i in. 2015 – Pilecki, Z., Chamarczuk, M., Kubańska, A., Isakow, Z., Czarny, R., Krawiec, K., Pilecka E. i Sierodzki, P., 2015. Porównanie parametrów częstotliwościowo-amplitudowych sejsmicznych źródeł mechanicznych. *Zeszyty Naukowe IGSMiE PAN* nr 89, s. 33–50.
- Pilecki i in. 2016a – Pilecki, Z., Czarny, R., Matuła, R., Krawiec, K., Harba, P., Pilecka, E. i Barnaś, M. 2016a. Możliwości systemu Seismobile w przestrzennym zobrazowaniu sejsmicznym i georadarowym podłoża szlaków komunikacyjnych. *Zeszyty Naukowe IGSMiE PAN* nr 93, s. 181–196, Kraków.
- Pilecki i in. 2016b – Pilecki, Z., Czarny, R., Chamarczuk, M., Krawiec, K. i Pilecka, E. 2016b. Skuteczność rejestracji zestawu pomiarowego strimera sejsmicznego Seismobile. *Zeszyty Naukowe IGSMiE PAN* nr 93, s. 143–154, Kraków.