

УДК: 621.391

DOI <https://doi.org/10.18524/1815-7459.2020.3.212949>

ВИКОРИСТАННЯ ЧАСОВИХ ПАРАМЕТРІВ СЕЙСМОСИГНАЛІВ ДЛЯ РОЗПІЗНАВАННЯ РУХОМИХ ОБ'ЄКТІВ ВІДДАЛЕНИМИ СЕЙСМІЧНИМИ ПРИСТРОЯМИ

П. П. Фастиковський, О. В. Ткаченко, Я. І. Лепіх, М. А. Глауберман*

Навчально-науково-виробничий центр ОНУ імені І.І.Мечникова, вул. Маршала Говорова, 4,
м. Одеса, 65058, Україна, frp@te.net.ua, mik_ag@i.ua

* Міжвідомчий науково-навчальний фізико-технічний центр МОН і НАН України ОНУ імені
І. І. Мечникова, вул. Дворянська, 2, м. Одеса, 65082, Україна, ndl_lepikh@onu.edu.ua

ВИКОРИСТАННЯ ЧАСОВИХ ПАРАМЕТРІВ СЕЙСМОСИГНАЛІВ ДЛЯ РОЗПІЗНАВАННЯ РУХОМИХ ОБ'ЄКТІВ ВІДДАЛЕНИМИ СЕЙСМІЧНИМИ ПРИСТРОЯМИ

П. П. Фастиковський, О. В. Ткаченко, Я. І. Лепіх, М. А. Глауберман

Анотація. У статті на основі аналізу характеристик сейсмічних сигналів від людини та транспортних засобів, що рухаються, пропонується і обґрунтовується доцільність використання часових параметрів сейсмосигналів для розпізнавання рухомих об'єктів віддаленими автономними сейсмічними пристроями. Сформульовані прості та достатньо надійні методи розпізнавання рухомих об'єктів. Проведена апробація таких методів за допомогою розробленого автономного сейсмічного пристрою. Вказується на техніко-економічну ефективність запропонованих методів у порівнянні з відомими рішеннями на інших принципах.

Ключові слова: віддалений сейсмічний пристрій, особливості сейсмосигналів, людина і транспортні засоби, часові методи розпізнавання, апробація методів.

USE OF SEISMIC SIGNALS' TIME PARAMETERS FOR MOVING OBJECTS RECOGNITION BY REMOTE SEISMIC DEVICES

P. P. Fastikovskiy, O. V. Tkachenko, Ya. I. Lepikh, M. A. Glauberman

Abstract. Based on the analysis of seismic signals' characteristics from a moving person and vehicles, the article proposes and substantiates the expediency of using the temporal parameters of seismic signals for moving objects recognition by remote autonomous seismic devices. Simple and sufficiently reliable methods for moving objects recognition have been formulated. The testing of such methods was carried out using the developed autonomous seismic device. The technical and economic efficiency of the proposed methods in comparison with known solutions based on other principles is pointed out.

Keywords: remote seismic device, seismic signals features, person and vehicles, temporal recognition methods, methods testing.

© П. П. Фастиковський, О. В. Ткаченко, Я. І. Лепіх*, М. А. Глауберман, 2020

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВРЕМЕННЫХ ПАРАМЕТРОВ СЕЙСМОСИГНАЛОВ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ДВИЖУЩИХСЯ ОБЪЕКТОВ УДАЛЕННЫМИ СЕЙСМИЧЕСКИМИ УСТРОЙСТВАМИ

П. П. Фастыковский, О. В. Ткаченко, Я. И. Лепих, М. А. Глауберман

Аннотация. В статье на основе анализа характеристик сейсмических сигналов от движущихся человека и транспортных средств предлагается и обосновывается целесообразность использования временных параметров сейсмосигналов для распознавания движущихся объектов удаленными автономными сейсмическими устройствами. Сформулированы простые и достаточно надежные методы распознавания движущихся объектов. Проведена апробация таких методов с помощью разработанного автономного сейсмического устройства. Указывается на технико-экономическую эффективность предложенных методов по сравнению с известными решениями на других принципах.

Ключевые слова: удаленное сейсмическое устройство, особенности сейсмосигналов, человек и транспортное средство, временные методы распознавания, апробация методов.

ВСТУП

Сейсмичні засоби виявлення відносяться до засобів пасивного типу і внаслідок цього мають ряд переваг: скритність, низьке енергоспоживання, площадкова зона виявлення. При конструюванні віддалених автономних сейсмичних пристроїв (СП), які можуть бути швидко розгорнуті, зазвичай використовують точкові чутливі елементи. Такі пристрої мають у своєму складі: чутливі елементи генераторного типу (геофони або п'єзоелектричні перетворювачі), що перетворюють сейсмичні коливання ґрунту в електричний сигнал; блок обробки сейсмичних сигналів, що дозволяє здійснювати селекцію корисних сигналів від сейсмичного шуму і класифікацію за принципом «людина – техніка»; радіопередавальний блок, який здійснює передачу повідомлення про виявлення об'єкту в зоні дії СП до центру управління [1, 2]. Розробка і виготовлення таких СП має велике значення як для цілей охорони цивільних і військових об'єктів, так і для розвідувально-сигналізаційних цілей. В даний час найбільш перспективними СП для виявлення та розпізнавання рухомих об'єктів вважаються СП, які використовують спектральні та спектрально-часові методи обробки сейсмосигналу [3-8]. Це, в основному, пов'язано з їх високою (більш 0,92) вірогідністю коректного розпізнавання об'єктів. Але використання цих

методів призводить до значного збільшення інформаційних та енергетичних витрат, що вкрай небажано для віддалених автономних СП і систем на їх основі [9]. Наприклад, віддалений СП, як окремо функціонуючий, так і той, що входить до складу так званого Unattended Ground Sensor (UGS) [10], який автономно працює тривалий час у режимі виявлення порушників кордонів та ділянок певних територій, повинен мати мінімальне споживання енергії. У даній статті пропонується для розпізнавання рухомих об'єктів у таких випадках використовувати часові методи обробки сейсмосигналу, так як пристрої, що їх використовують, є енергоекономічними [9] і в той же час можуть володіти значною величиною вірогідності коректного розпізнавання рухомих об'єктів.

1. ОСОБЛИВОСТІ СЕЙСМОСИГНАЛІВ ВІД ЛЮДИНИ І ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ, ЩО РУХАЮТЬСЯ

Експериментальні дослідження сейсмосигналів від різних рухомих об'єктів виконувалися за допомогою розробленого цифрового записуючого пристрою з частотою дискретизації сигналу 600 Гц. До його комплексу входив промисловий віброперетворювач ДН-3-М1, який монтувався на невеликій платформі з конусом для установки в ґрунт. За відсутності рухомого об'єкту на виході записуючого пристрою були

присутні випадкові сигнали, в основному, сейсмічні шуми. Ці шуми накладалися на сигнали, що виникають при русі об'єктів. Сейсмосигналам від людини, що рухається, притаманний періодичний біполярний імпульсний характер у вигляді пакетів, з наростанням обвідної послідовності імпульсів при проходженні людини в напрямку пристрою (рис.1). Тривалість

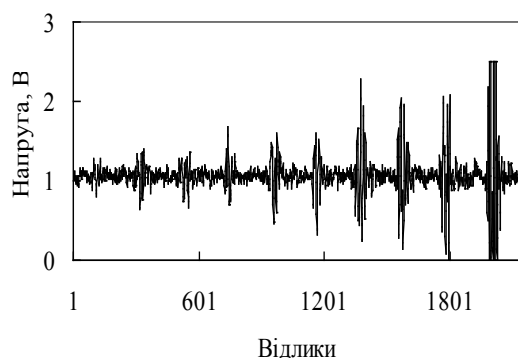


Рис. 1. Осцилограма сейсмічного сигналу від людини, яка йде до сейсмічного реєстратора

імпульсів залежить від багатьох параметрів навіть для одного типу ґрунту: якості контакту взуття з ґрунтом, відстані до людини, швидкості ходьби, маси людини і становить 100 мс...300 мс. Період проходження імпульсів (кроків людини) в залежності від швидкості руху людини становить 0.3 с...1,5 с. Для сигналів на відстані 15 м від людини, що рухається на степовому ґрунті, характерні спектри зі смугою частот приблизно від 3 до 100 Гц (рис. 2, крива звичайної товщини). Отримані ре-

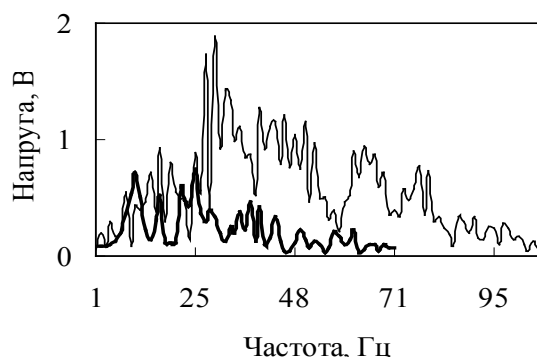


Рис. 2. Спектри сейсмосигналів від людини, що рухається, на відстанях від сейсмічного реєстратора: 15 м (крива звичайної товщини), 25 м (потовщена крива). Ґрунт степовий

зультати якісно узгоджуються з результатами, що отримали інші автори [11, 12]. Але у даній роботі ще додатково аналізувалися спектри сигналів на різних відстанях від людини. Було встановлено, що зі збільшенням цієї відстані верхня межа частотної смуги знижується (рис. 2, потовщена крива). Цей ефект пов'язаний з дією приповерхневого шару ґрунту, в якому поширюється поверхнева хвиля Релея від наземного джерела сейсмічних коливань і який грає роль фільтра низьких частот, тобто сильніше поглинає високі частоти [13, 14]. Потрібно також врахувати, що властивості ґрунту, як інформаційного каналу, залежать від природно - кліматичних факторів [15, 16]. У результаті не залишаються строго постійними ні ширина спектру, ні його структура навіть для одної відстані до рухомого об'єкту і того ж типу ґрунту.

Сейсмічні сигнали, що виникають при русі транспортного засобу, наприклад, колісного транспорту, характеризуються відсутністю яскраво вираженої періодичності (рис. 3).

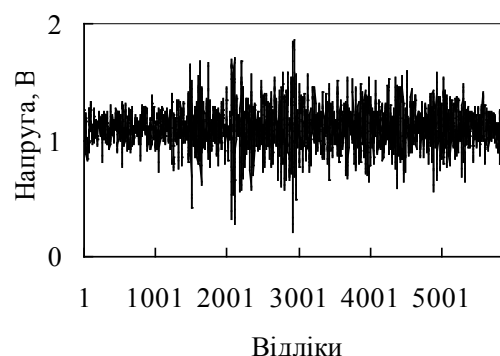


Рис. 3. Осцилограма сейсмічного сигналу від легкового автомобіля, що проїжджає повз реєстратора

Ці сигнали мають безперервний біполярний характер. Сигнал, що виникає в сейсмоперетворювачі при русі транспортного засобу, обумовлений контактом шин з ґрунтом і передачею ґрунту механічних вібрацій двигуна і трансмісії. Спектр сигналу визначається типом транспортного засобу, швидкістю його руху, відстанню до рухомого об'єкту, структури і стану ґрунту. При наближенні транспортного засобу обвідна сигналу зростає, а при видаленні зменшується (рис. 3). Спектри сейсмосиг-

налів при відстані 25 м до техніки (легковий автомобіль) на степовому ґрунті знаходяться в смузі частот від 3 до 60-70 Гц (рис. 4, крива звичайної товщини). При збільшенні відстані до 40 м верхня межа частотної смуги

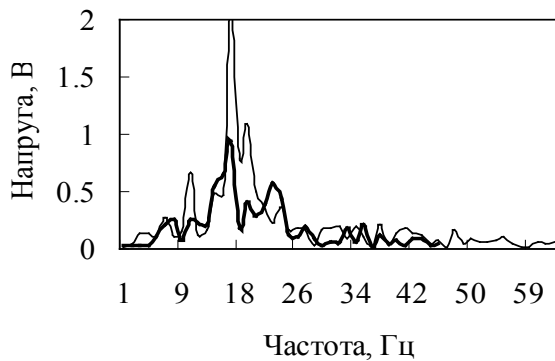


Рис. 4. Спектри сейсмосигналів від легкового автомобіля, що рухається, на відстанях від сейсмічного реєстратора: 25 м (крива звичайної товщини), 40 м (потовщена крива). Ґрунт степовий

з відмічених вище причин знижується (рис. 4, потовщена крива). Отримані спектральні діапазони характерні для прямої дії маси автомобіля через колеса на ґрунт [17]. Розширення спектрального діапазону до 100-150 Гц, яке спостерігалось на відстанях до 15 м, обумовлено передачею ґрунту механічних вібрацій двигуна і трансмісії [5, 6, 17].

2. РОЗПІЗНАВАННЯ СЕЙСМОСИГНАЛІВ ВІД ЛЮДИНИ ТА ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ, ЩО РУХАЮТЬСЯ

З аналізу характеристик сейсмічних сигналів визначається ознаковий простір - набір інформативних параметрів сигналів для класифікації рухомих об'єктів. З урахуванням зазначеної вище залежності спектрів сейсмосигналів в місці їх реєстрації від змінних параметрів джерела сигналу і каналу передачі інформації (приповерхневий шар землі), що призводить до похибки класифікації, спектральні характеристики сигналів і їх особливості не використовувались у якості класифікаційних ознак для виявлення людини та транспортних засобів. Треба також відзначити, що використання для цілей класифікації рухомих об'єктів спектральних, частотно-часових та статистичних методів обробки сейсмосигналу [3-8, 18] зна-

чно ускладнює обробку сигналів і збільшує інформаційно-енергетичні витрати. А це вкрай небажано для автономних, віддалених СП.

Тому у якості інформативних класифікаційних параметрів сейсмосигналів від людини, що рухається, з урахуванням наведених вище експериментальних даних обиралися часові параметри: тривалість сейсмоімпульсів τ_i від 100 мс до 300 мс і період їх проходження T_i від 0,3 с до 1,5 с. Розпізнавання людини по її сейсмоімпульсах базується на визначенні мікроконтролером СП цих параметрів з аналізу сейсмосигналу та їх порівнянні із заданими в його пам'яті часовими інтервалами при кількості послідовно зареєстрованих імпульсів $N=5$. Якщо обидві виміряні величини τ_i і T_i потрапляють у вказані діапазони відповідних параметрів в кожному з п'яти послідовних імпульсів, то пристрій видає сигнал про виявлення людини. Для зменшення помилкових спрацьовувань пристрою при проникненні в зону його виявлення тварин на відміну від відомих пристроїв [9, 19] додатково вводиться часовий критерій відбору, пов'язаний з особливостями руху середніх і великих тварин. Цей критерій утворює третій інформативний класифікаційний параметр сейсмосигналів від людини, що рухається, і ґрунтується на експериментально встановленому факті, що відношення максимальної і мінімальної тривалості сейсмічного імпульсу $T_{i\max} / T_{i\min}$ після п'яти послідовних імпульсів, що пройшли критерії відбору за величинами τ_i і T_i , для людини не перевищує величини 1,25, а для чотиринової тварини це відношення завжди більше 1,25. Запропонований метод розпізнавання людини, що базується на використанні часових параметрів сейсмосигналів (часовий метод розпізнавання), до того ж захищає СП і від деяких інших помилкових спрацьовувань, наприклад, від разових або неперіодичних сейсмічних і наведених в ґрунті акустичних імпульсів.

Як було зазначено вище, сейсмосигнали від рухомих транспортних засобів мають безперервний характер, а при наближенні техніки обвідна сигналу зростає. Безперервність сигналу витікає з аналізу мікроконтролером сейсмічного пристрою його тривалості. При тривалості більше однієї секунди пристрій ви-

значає сигнал як безперервний. Як ознака наближення транспортного засобу вибирається відношення U_t / U_τ - величин середнього значення обвідної сигналів в момент виявлення сигналу $t = 0$ і в наступний момент $t = \tau$. Критерієм позитивного рішення вибрано співвідношення $(U_t / U_\tau)^{-1} \geq 1,5$. Величина τ не однозначна, вона змінюється від 0,5 с до 5 с до тих пір, поки реалізується (або не реалізується) наведене вище співвідношення. Це пов'язано з можливим розкидом швидкостей транспортного засобу, що наближується: при більшій швидкості потрібно менше часу для реалізації зазначеного співвідношення. Зазначені часові класифікаційні ознаки визначають метод розпізнавання транспортних засобів, який до того ж захищає СП від помилкових спрацьовувань при імпульсному характері сигналів.

3. АПРОБАЦІЯ МЕТОДІВ РОЗПІЗНАВАННЯ

Апробація запропонованих методів розпізнавання рухомих об'єктів відбувалася за допомогою розробленого раніше автономного малогабаритного СП [17], на степовому ґрунті як у відсутності, так і в присутності різних перешкод безперервного та імпульсного характеру, зокрема, великих (кінь) і середніх (коза) тварин. Як правило, джерела помилкових спрацьовувань пристрою мають або чисто сейсмічну природу (рухомі тварини, дерево, що розгойдується на вітрі, періодичні удари по землі від різних технічних об'єктів), або природу, пов'язану з наведеною звуком сейсмічною хвилею, яка може виникати як від повітряних транспортних засобів, так і від природних явищ (гуркіт грому та ін.). У роботі [17] наведено також основні принципи роботи блоку обробки сеймосигналу, що визначають процес виявлення сеймосигналів від рухомих об'єктів.

Пристрій розміщувався у викопаній на глибину 0,3 м лунці. Транспортним засобом був легковий автомобіль. Швидкість пересування людини змінювалася від повільної ходьби до бігу, а автомобілю - від 10 км / год до 50 км / год. Як зазначалося, для зменшення помилкових спрацьовувань пристрою при виявленні людини, що рухається, на відміну від відомих

розвідувально-охоронних сейсмічних пристроїв до методу розпізнавання людини додатково вводився критерій відбору, пов'язаний з особливостями руху тварин. В результаті вірогідність коректного розпізнавання пристроєм людини в присутності різних перешкод сейсмічного імпульсного характеру складала не менше 0,9. Достовірність розпізнавання двох і більше осіб, що рухаються в зоні виявлення пристрою, падає, що пов'язано зі зменшенням вірогідності попадання найближчих двох сейсмоімпульсов від цих осіб у заданий інтервал періоду проходження імпульсів. Вірогідність коректного розпізнавання транспортного засобу, що наближається до сейсмічного пристрою, за наявності різних перешкод складає 0,84. Використання часових методів розпізнавання на відміну від спектральних і спектрально-часових методів дозволило СП працювати з малим енергоспоживанням: 10 мВт в режимі розпізнавання і 0,3 мВт в режимі очікування [17].

4. ВИСНОВКИ

Таким чином встановлено, що для віддалених автономних СП у якості методів розпізнавання людини і транспортних засобів, що рухаються, можуть з успіхом застосовуватися методи, які використовують часові параметри сейсмічних сигналів від цих об'єктів. Вдосконалені часові методи розпізнавання дозволять віддаленим автономним СП при незначному енергоспоживанні мати значну величину вірогідності коректного розпізнавання рухомих об'єктів. У порівнянні із спектральними, частотно – часовими і статистичними методами запропоновані часові методи значно простіше і дозволяють конструювати віддалені автономні СП з мінімальними енергетичними витратами.

Список використаної літератури

- [1]. Unattended ground sensors // SensoGuard booklet. <http://www.SensoGuard.com>
- [2]. Ya. I. Lepikh, S. V. Lenkov, V. G. Melnik, V. O. Romanov, V. O. Protsenko. Intelktualni vymiriuvalni kanaly sensoryh system // Nauka i oborona, 2011, № 2, s. 36-43. (in Ukrainian).
- [3]. G. Koç, K. Yegin. Footstep and vehicle detection using slow and quick adaptive thresholds algorithm // Intern. J. Distributed Sensor Networks, 2013, pp. 1-9 (2013), <http://dx.doi.org/10.1155/2013/783604>.
- [4]. J. Clemente, F. Li, M. Valero, W. Song. Smart seismic sensing for indoor fall detection, location and notification // IEEE J. Biomed. and Health Inform., pp. 1-9 (2019), doi: 10.1109/JBHI.2019.2907498.
- [5]. E. Köse, A. Hocaoglu. A new spectral estimation-based feature extraction method for vehicle classification in distributed sensor networks // Turk. J. Elec. Eng. & Comp. Sci., 27, pp. 1120 – 1131 (2019).
- [6]. Y. Tian, H. Oi, and X. Wang. Target detection and classification using seismic signal processing in unattended ground sensor systems // Proc. IEEE Int. Conf. Acoustics, Speech, and Signal Processing, Orlando, USA, pp. IV-4172 - IV-4175, (2002), doi: 10.1109/ICASSP.2002.5745620.
- [7]. J. Huang, Q. Zhou, X. Zhang, E. Song, B. Li, X. Yuan. Seismic target classification using a wavelet packet manifold in unattended ground sensors systems // Sensors, 13, pp.8534-8550 (2013), doi:10.3390/s130708534.
- [8]. X. Jin, S. Sarkar, A. Ray, S. Gupta, T. Damarla. Target detection and classification using seismic and PIR sensors // IEEE Sensors Journal, 12 (6), pp. 1709-1718, (2012), doi: 10.1109/JEN.2011.2177257.
- [9]. Pod red. I. N. Krukova. Seysmicheskiye sredstva obnaruzheniya. Teoria i praktika postroyeniya. M., Radiotekhnika. 216 c. (2014). (in Russian).
- [10]. Z. Haig. Networked unattended ground sensors for battlefield // AARMS, 3 (3), pp. 387-399 (2004).
- [11]. A. Pakhomov, T. Goldburgt. Seismic systems for unconventional target detection and identification // Proc. SPIE, vol. 6201, Defence and security symp.: Sensors, and Command, Control, Commun., and Intell. (C3I) Technol. for Homeland Security and Homeland Defense. Orlando, USA, pp. 620111-1 - 620111-12 (2006), <https://doi.org/10.1117/12.668930>.
- [12]. A. Ermis, A. Yurttadur, T. Karacay. Human intruder detection by measuring and analyzing ground vibrations // J. Faculty Engineering and Architecture of Gazi Univ., 30 (2), pp. 207-215 (2015).
- [13]. R. Sheriff, L. Geldar. Exploration seismology. PressSynd, N.Y. 590 p. (1995).
- [14]. G. A. Athanasopoulos, P. C. Pelekis, G. A. Anagnostopoulos. Effect of soil stiffness in the attenuation of Rayleigh-wave motions from field measurements // Soil Dyn. and Earthquake Engin., 19 (4), pp. 277-288 (2000), doi: 10.1016/S0267-7261(00)00009-9.
- [15]. O. Kegyes-Brassai, Z. Szilvágyi, A. Wolf, R. Ray. Effects of local ground conditions on site response analysis results in Hungary // Proc. 19th Int. Conf. Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, Seoul, Repub. Korea, pp. 252-255 (2017).
- [16]. R. Karmakar. Potential effects of climate change on soil properties: A Review // Science Int., 4 (2), pp. 51-73 (2016), doi: 10.17311/sci-intl.2016.51.73.
- [17]. P. P. Fastyskovsky, Ya. I. Lepikh, M. A. Glauberman. Autonomous Compact Seismic Device for Detection and Recognition of Moving Person and Vehicles // Proc. IEEE 15th International Conference on Advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering (TCSET), Lviv-Slavske, Ukraine, pp. 969-972, (2020), doi: 10.1109/TCSET49122.2020.235582.
- [18]. G. Succi, D. Clapp, R. Gampert, G. Prado. Footstep detection and tracking // Proc. SPIE, 4393, Orlando, USA, pp. 22-29, (2001), doi: 10.1117/12.441277.
- [19]. A. Pakhomov. System for detecting intruders // U.S. Patent 6 529 130 B2, Mar. 4, 2003.

Стаття надійшла до редакції 11.08.2020 р.

PACS: 07.07.Df

DOI <https://doi.org/10.18524/1815-7459.2020.3.212949>

USE OF SEISMIC SIGNALS' TIME PARAMETERS FOR MOVING OBJECTS RECOGNITION BY REMOTE SEISMIC DEVICES

P. P. Fastykovsky, O. V. Tkachenko, Ya. I. Lepikh, M. A. Glauberman*

Training, scientific & production centre of I. I. Mechnikov ONU, 4 Marshal Govorov St, Odessa, 65058, Ukraine, fpp@te.net.ua, mik_ag@i.ua

*Interdepartmental scientific-educational physics and technical center of Ukraine's MES and NAS of I.I. Mechnikov ONU, 2 Dvoryanskaya St, Odessa, 65082, Ukraine, ndl_lepikh@onu.edu.ua

Summary

The aim of the work is to determine improved temporal methods for recognition of a moving person and vehicles and the effectiveness of their use by remote autonomous seismic devices. Currently, the most promising seismic devices for the detection and recognition of moving objects are considered to be devices that use spectral and spectral-temporal methods of seismic signal processing. This is mainly due to their high probability of the objects correct recognition. But the use of these methods leads to a significant increase in the information and energy consumption, which is extremely undesirable for the remote autonomous seismic devices and systems based on them. The article proposes to use the energy-efficient temporal methods of seismic signal processing and the improved recognition methods based on the use of temporal parameters of seismic signals to recognize moving objects in these cases. To implement this and to reduce false alarms of the seismic devices, when animals penetrate into their detection zone, in contrast to the known devices, a temporal selection criterion related to the motion characteristics of medium and large animals is additionally introduced into the recognition method of a moving person. The testing of the recognition methods has shown that the proposed methods allow autonomous seismic devices to have both the insignificant power consumption and a significant value of the probability of the moving objects correct recognition. Compared with spectral, time-frequency and statistical methods for moving object recognition, the proposed temporal methods are much simpler and allow to design the remote autonomous seismic devices with minimal energy consumption.

Keywords: remote seismic device, seismic signals features, person and vehicle, temporal recognition methods, methods testing.

УДК: 621.391

DOI <https://doi.org/10.18524/1815-7459.2020.3.212949>

ВИКОРИСТАННЯ ЧАСОВИХ ПАРАМЕТРІВ СЕЙСМОСИГНАЛІВ ДЛЯ РОЗПІЗНАВАННЯ РУХОМИХ ОБ'ЄКТІВ ВІДДАЛЕНИМИ СЕЙСМІЧНИМИ ПРИСТРОЯМИ

П. П. Фастиковський, О. В. Ткаченко, Я. І. Лепіх, М. А. Глауберман*

Навчально-науково-виробничий центр ОНУ імені І.І.Мечникова, вул. Маршала Говорова, 4,
м. Одеса, 65058, Україна, frp@te.net.ua, mik_ag@i.ua

* Міжвідомчий науково-навчальний фізико-технічний центр МОН і НАН України ОНУ імені
І. І. Мечникова, вул. Дворянська, 2, м. Одеса, 65082, Україна, ndl_lepikh@onu.edu.ua

Реферат

Мета роботи полягає у визначенні вдосконалених часових методів розпізнавання людини і транспортних засобів, що рухаються, та ефективності їх використання віддаленими автономними сейсмічними пристроями. В даний час найбільш перспективними сейсмічними пристроями для виявлення і розпізнавання рухомих об'єктів вважаються пристрої, що використовують спектральні і спектрально-часові методи обробки сейсмосигналу. Це пов'язано, в основному, з їх високою вірогідністю коректного розпізнавання об'єктів. Але використання цих методів призводить до значного збільшення інформаційних і енергетичних витрат, що вкрай небажано для віддалених автономних сейсмічних пристроїв і систем на їх основі. У статті пропонується для розпізнавання рухомих об'єктів в цих випадках використовувати енергоекономічні часові методи обробки сейсмосигналу і вдосконалені методи розпізнавання, що засновані на використанні часових параметрів сейсмосигналів. Для реалізації цього та з метою зменшення помилкових спрацьовувань пристроїв при проникненні в зону їх виявлення тварин до методу розпізнавання рухомої людини на відміну від відомих пристроїв додатково вводиться часовий критерій відбору, що пов'язаний з особливостями руху середніх і великих тварин. Апробація методів розпізнавання показала, що запропоновані методи дозволяють автономним сейсмічним пристроям при незначному енергоспоживанні мати значну величину вірогідності коректного розпізнавання рухомих об'єктів. У порівнянні зі спектральними, частотно - часовими і статистичними методами розпізнавання рухомих об'єктів запропоновані часові методи значно простіше і дозволяють конструювати віддалені автономні сейсмічні пристрої з мінімальними енергетичними витратами.

Ключові слова: віддалений сейсмічний пристрій, особливості сейсмосигналів, людина і транспортні засоби, часові методи розпізнавання, апробація методів.