

DOI: 10.18372/2310-5461.63.19757
УДК 621.391

О. Ю. Лавриненко, канд. техн. наук, доц.
Національний авіаційний університет
orcid.org/0000-0002-7738-161X
e-mail: oleksandrlavrynenko@gmail.com

МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОГО ВЕЙВЛЕТ-БАЗИСУ ДЛЯ ОБРОБКИ МОВНИХ СИГНАЛІВ

Вступ

Останнім часом значного поширення для аналізу нестационарних мовних сигналів набули частотно-часові методи, наприклад, вейвлет-аналіз [1], які дають помітні переваги порівняно з класичним спектральним аналізом Фур'є [2] в отриманні часових локалізацій спектральних компонент мовного сигналу. Уся перевага вейвлет-аналізу полягає в можливості вибору базису серед великої кількості вейвлет-функцій [3].

Вибір потрібної вейвлет-функції, як правило, визначається тим, яку інформацію необхідно виділити з мовного сигналу. Кожен вейвлет має характерні особливості, як у часовому, так і в частотному просторі. Тому за допомогою різних вейвлетів можна точніше виявити та інтерпретувати ті чи інші властивості аналізованого мовного сигналу. Вибір материнської вейвлет-функції, для створення базису вейвлет-перетворення є одним із питань, успішність вирішення якого впливає на підвищення інформативності самого вейвлет-аналізу в розв'язуванні задачі [4].

Аналіз останніх досліджень та публікацій

З огляду на останні дослідження [5-9], можна зробити висновок, що існуючі підходи оптимального вибору материнської вейвлет-функції для обробки мовних сигналів побудовані на базі критерію мінімальної ентропії вейвлет-коефіцієнтів, математична формалізація якого та його недолік викладені нижче.

Нехай $c_j^{(\beta)}$ – вейвлет-коефіцієнти на деякому рівні розкладання β і c_j – їхні значення, нормовані згідно з $\sum_j c_j^2 = 1$, тоді ентропія [5] визначається формулою

$$E(c_j^{(\beta)}) = -\sum_j c_j^2 \log_2(c_j^2). \quad (1)$$

Тоді, найкращий вейвлет-базис $\psi(t)^{(\beta)}$ – це той базис, який дає найменшу кількість ентропії $E(c_j^{(\beta)}) \rightarrow \min$.

Недолік цього підходу [6] полягає в тому, що сама по собі ентропія $E(c_j^{(\beta)})$ характеризується розподілом імовірностей $P_{c_j^{(\beta)}}$ появи певних вейвлет-коефіцієнтів $c_j^{(\beta)}$ у мовному сигналі $z(t)$ [7]. Але коли йдеться про вибір оптимальної породжувальної вейвлет-функції $\Psi(t)_{opt}$, то тут справи йдуть трохи інакше, оскільки абсолютний показник ентропії $E(c_j^{(\beta)})$ нам ні про що не говорить, окрім міри наближеності базисної вейвлет-функції $\psi(t)^{(\beta)}$ до досліджуваного мовного сигналу $z(t)$, що не дає змоги розглянутий підхід вважати оптимальним [8], адже він не враховує показник точності реконструкції мовного сигналу за вейвлет-коефіцієнтами $c_j^{(\beta)}$.

Таким чином, потрібно розробити такий метод визначення оптимального вейвлет-базису $\psi(t)_{opt}^{(\beta)}$, який би враховував не лише абсолютний показник ентропії $E(c_j^{(\beta)})$ [9], а й його вплив на реконструкцію мовного сигналу $z(t)$ за вейвлет-коефіцієнтами $c_j^{(\beta)}$ з певним об'єктивним критерієм оцінювання.

Постановка задачі дослідження

Враховуючи недолік існуючого підходу викладеного вище, доцільно знайти вейвлет-функцію, яка максимально адекватно передає спектральні особливості мовних сигналів через вейвлет-коефіцієнти.

Мета цієї статті – розробити метод вибору оптимальної вейвлет-функції, в якості базису вейвлет-перетворення для обробки мовних сигналів, а також, оцінити його ефективність у порівняльному аналізі з існуючими ортогональними вейвлет-функціями [10], що є актуальним завданням у різних наукових напрямках обробки мовних сигналів.

Таким чином, задача даного дослідження полягає в тому, щоб розробити такий метод вибору оптимальної вейвлет-функції, який базуватиметься на знаходженні оптимального значення адаптивної порогової фільтрації α вейвлет-коефіцієнтів [11] мовного сигналу, де функціональною оцінкою похибки реконструкції сигналу слугуватимуть об'єктивні кількісні метрики – середньоквадратична помилка σ вхідного $z(t)$ і обробленого $\hat{z}(t)$ сигналів, а також енергія Δ_{E_n} вейвлет-коефіцієнтів до $c_j^{(\beta)}$ та після $\hat{c}_j^{(\beta)}$ порогової обробки [12].

Резюмуючи вищенаведене, можна зробити такі висновки, що оптимальним вейвлет-базисом $\psi(t)_{opt}^{(\beta)}$ є той базис, який мінімізує ентропію і середньоквадратичну помилку, а також максимізує показник збереженої енергії вейвлет-спектра

$$\psi(t)_{opt}^{(\beta)} = \begin{cases} E(c_j^{(\beta)}) \rightarrow \min \\ \sigma(z(t), \hat{z}(t)) \rightarrow \min \\ \Delta_{E_n}(c_j^{(\beta)}, \hat{c}_j^{(\beta)}) \rightarrow \max. \end{cases}$$

Метод, розроблений автором, дає змогу врахувати всі вищевказані критерії оптимальності вейвлет-функції для обробки мовного сигналу і дає їм об'єктивну кількісну оцінку, що буде докладно описано в наступному розділі цієї статті.

Виклад основного матеріалу

Нижче було представлено розроблений метод визначення оптимального вейвлет-базису (рис. 1), що має вигляд ітераційної процедури, яка багаторазово використовує критерій (1), а також застосовує адаптивну фільтрацію мовного сигналу на основі порогової обробки вейвлет-коефіцієнтів [13].

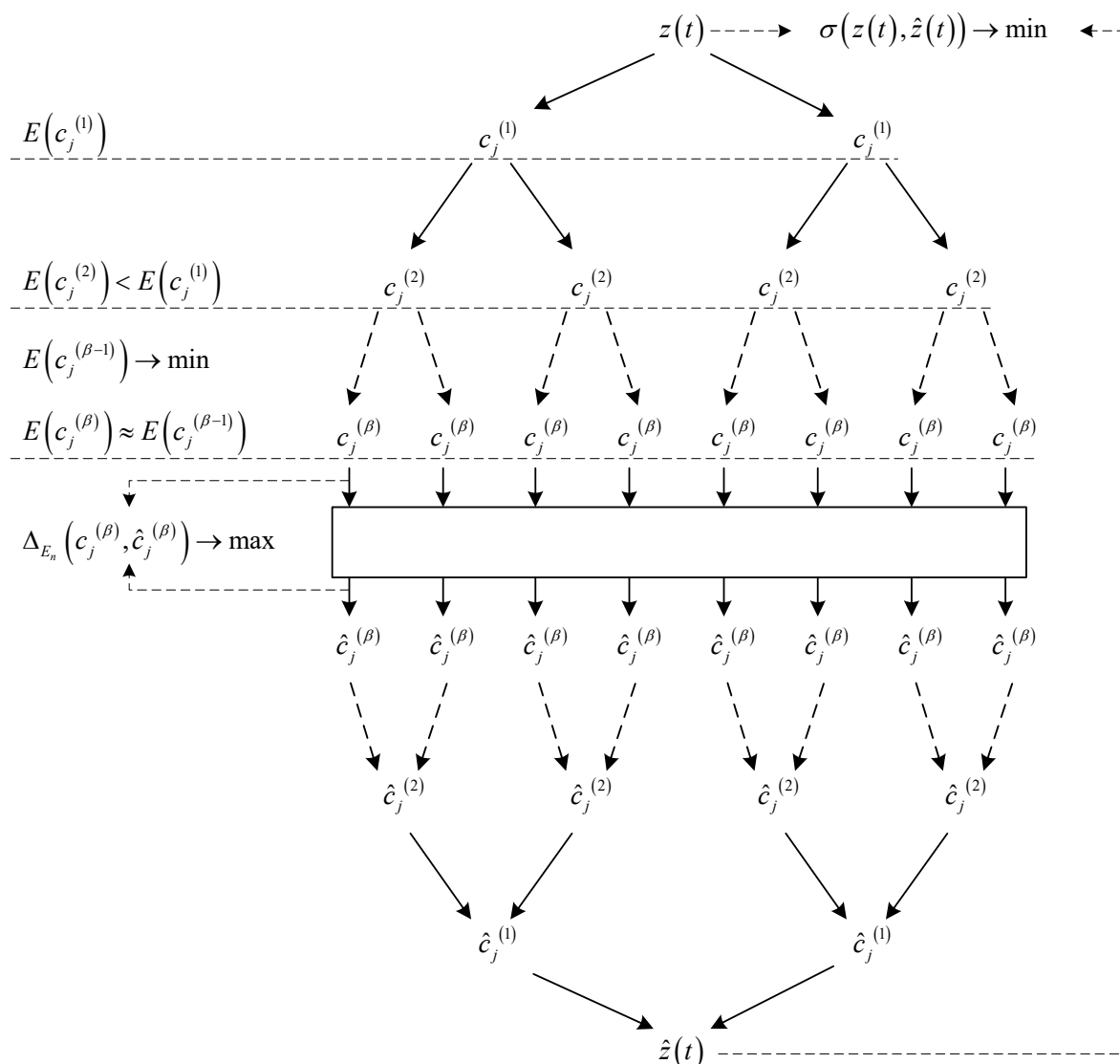


Рис. 1. Структурна схема розробленого методу визначення оптимального вейвлет-базису для обробки мовних сигналів

Коротко викладемо розроблений метод у вигляді послідовності операцій.

1) Здійснюємо вейвлет-перетворення [14] мовного сигналу $z(t)$ на основі аналізованого базису $\psi(t)^{(B)}$, одержуючи в такий спосіб вейвлет-коефіцієнти 1-го рівня розкладання $c_j^{(1)}$, тобто на даному етапі $\beta = 1$.

2) Розраховуємо ентропію $E(c_j^{(1)})$ вейвлет-коефіцієнтів 1-го рівня розкладання $c_j^{(1)}$, знайдемо ентропія буде максимальною для даного мовного сигналу $z(t)$, тобто з кожним наступним рівнем розкладання β ентропія вейвлет-коефіцієнтів зменшуватиметься $E(c_j^{(\beta)})$ [15].

3) Здійснюємо повторне вейвлет-перетворення рекурсивним методом [16] на основі аналізованого базису $\psi(t)^{(B)}$, але вже не мовного сигналу $z(t)$, а вейвлет-коефіцієнтів 1-го рівня розкладання $c_j^{(1)}$, одержуючи в такий спосіб вейвлет-коефіцієнти 2-го рівня розкладання $c_j^{(2)}$, тобто на даному етапі $\beta = 2$.

4) Розраховуємо ентропію $E(c_j^{(2)})$ вейвлет-коефіцієнтів 2-го рівня розкладання $c_j^{(2)}$, і якщо знайдена ентропія буде меншою за ентропію $E(c_j^{(1)})$ вейвлет-коефіцієнтів 1-го рівня розкладання $c_j^{(1)}$,

$$E(c_j^{(2)}) < E(c_j^{(1)}),$$

то вейвлет-розклад і розрахунок ентропії продовжуються рекурсивним методом на наступному рівні [17]

$$E(c_j^{(\beta)}) < E(c_j^{(\beta-1)}),$$

інакше, коли

$$E(c_j^{(\beta)}) \approx E(c_j^{(\beta-1)}),$$

то оптимальний рівень вейвлет-розкладання β – знайдений, тобто ентропію $E(c_j^{(\beta)})$ можна вважати такою, що задовольняє умову $E(c_j^{(\beta)}) \rightarrow \min$ для даного мовного сигналу $z(t)$, а це означає, що отримані вейвлет-коефіцієнти $c_j^{(\beta)}$ на β рівні розкладання є оптимальними за критерієм мінімальної ентропії та адаптивними до мовного сигналу $z(t)$ [18].

5) Відсортуюємо отримані вейвлет-коефіцієнти $c_j^{(\beta)}$ мовного сигналу $z(t)$ у порядку спадання їхніх абсолютних величин $|c_j^{(\beta)}|$ і відсортовані

коефіцієнти позначимо через d_j , де $j = 0, 1, \dots, N-1$.

Таким чином, у відсортованій послідовності коефіцієнт d_0 є максимальним за модулем.

6) Визначимо оптимальне порогове значення α [19] з умови виконання нерівності:

$$\frac{|d_M|^2}{\sum_{j=M+1}^{N-1} |d_j|^2} \leq \frac{2 \ln(N-M)}{N-M},$$

де $M = 0, 1, \dots, N-1$.

7) Обнуляємо всі вейвлет-коефіцієнти $c_j^{(\beta)}$, для яких $|c_j^{(\beta)}| \geq |d_M|$ та здійснюємо обернене вейвлет-перетворення за вейвлет-коефіцієнтами після порогової обробки $|\hat{c}_j^{(\beta)}|$, у результаті чого отримаємо відновлений мовний сигнал $\hat{z}(t)$.

8) Розрахуємо об'єктивні кількісні метрики – середньоквадратичну помилку σ вхідного $z(t)$ і відновленого $\hat{z}(t)$ сигналів, а також енергію Δ_{E_n} вейвлет-коефіцієнтів до $c_j^{(\beta)}$ і після $\hat{c}_j^{(\beta)}$ порогової обробки, використовуючи оптимальне порогове значення α для функціонального оцінювання похибки реконструкції сигналу [20].

9) У такий спосіб ми отримуємо кількісні показники оптимальності використовуваного вейвлет-базису, що формалізуються в такий спосіб – оптимальним базисом $\psi(t)_{opt}^{(B)}$ є той базис, що мінімізує ентропію та середньоквадратичну помилку, а також максимізує показник збереженої енергії вейвлет-спектра.

$$\psi(t)_{opt}^{(B)} = \begin{cases} E(c_j^{(\beta)}) \rightarrow \min \\ \sigma(z(t), \hat{z}(t)) \rightarrow \min \\ \Delta_{E_n}(c_j^{(\beta)}, \hat{c}_j^{(\beta)}) \rightarrow \max. \end{cases}$$

Результати дослідження

Для оцінювання ефективності методу на основі існуючого критерію мінімуму ентропії $E(c_j^{(\beta)}) \rightarrow \min$ (1) та розробленого методу, що знаходить, не просто мінімальну ентропію, а оптимальне її значення $E(c_j^{(\beta)})_{opt} \rightarrow \min$, за якого відбувається мінімізація середньоквадратичної помилки $\sigma(z(t), \hat{z}(t))$ та одночасна максимізація збереженої енергії вейвлет-спектра $\Delta_{E_n}(c_j^{(\beta)}, \hat{c}_j^{(\beta)})$, потрібно зробити чисельні експериментальні розрахунки заданих показників ефективності для реальних мовних сигналів.

На рис. 2. наведено графіки залежностей ефективності визначення оптимального вейвлет-базису за допомогою відомого методу мінімуму

ентропії (крива 2) і запропонованого методу (крива 1) для найефективнішої базисної функції,

якою, згідно з отриманими результатами, є вейвлет Мейєра.

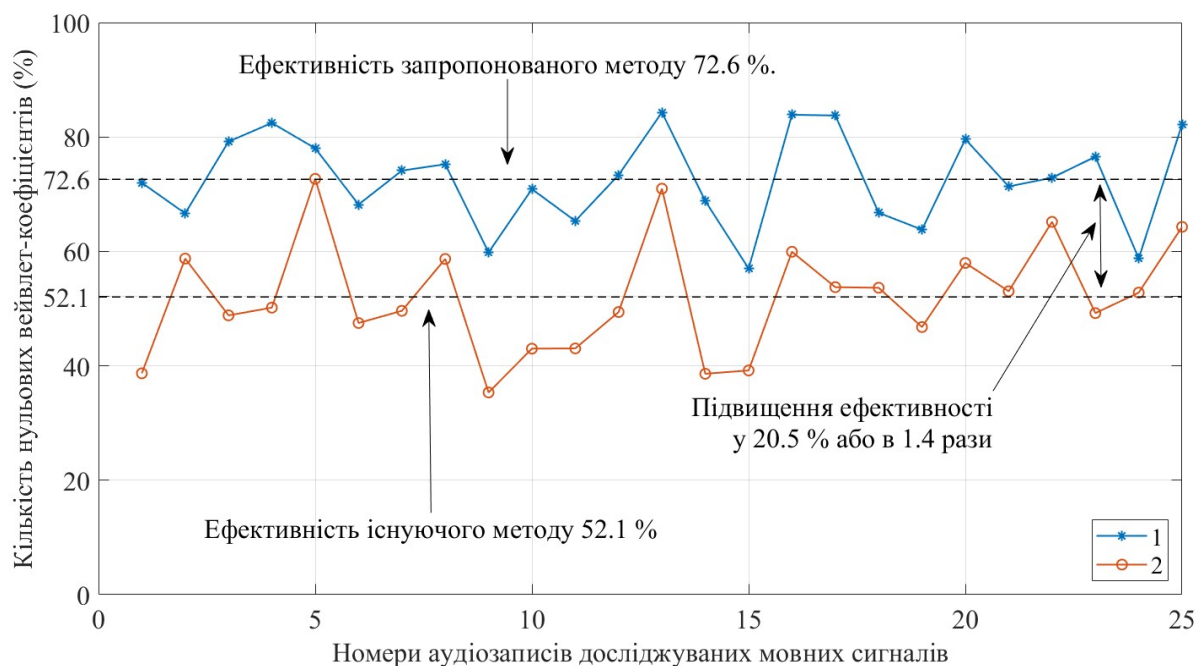


Рис. 2. Графіки оцінювання ефективності визначення оптимального вейвлет-базису для оброблених мовних сигналів згідно методу мінімуму ентропії (крива 1) і розробленого методу (крива 2) на основі вейвлет-функції Мейєра.

Дослідження показало, що ефективність розробленого методу підвищилася на 20,5 %, або в 1.4 рази, на відміну від існуючого методу на основі критерію мінімуму ентропії – 52,1 %, і склала 72,6 %.

Висновки

Таким чином, для класу сигналів, таких як мовні сигнали, було підібрано оптимальний материнський вейвлет, на основі якого потім будуються відповідні базисні вейвлет-функції. У такому базисі вейвлет-спектр мовного сигналу буде найбільш вузьким, тому що його розкладання за вейвлетами, по своїй суті, є розкладанням саме за базисом, який репрезентує мовний сигнал найбільш інформативно, за рахунок збереження властивості самоподібності. Це має також дещо підвищити якість відновлення мовного сигналу на тлі завади. Якщо ж показник самоподібності невеликий, то вейвлет-спектр мовного сигналу буде ширшим, що призведе до більшого його перекриття зі спектром завади, а відтак і до гіршої якості відновленого сигналу, а значить, такий базис є не ефективним для обробки мовних сигналів.

Розроблений автором метод підлягає впровадженню в програмно-апаратний комплекс цифрової обробки мовних сигналів. Впровадження цього методу забезпечить ефективну обробку мовних сигналів на початковому етапі, що дасть змогу потім більш ефективно виявляти унікальні

характеристики мови для ознакового опису та буде корисним у більшості галузях застосування, таких як фільтрація, стиснення, кодування мовних сигналів, а також напрямки зі сфери кібернетики – синтез і розпізнавання мови.

ЛІТЕРАТУРА

- [1] L. Cheng, D. Li, X. Li and S. Yu, "The Optimal Wavelet Basis Function Selection in Feature Extraction of Motor Imagery Electroencephalogram Based on Wavelet Packet Transformation," in *IEEE Access*, vol. 7, pp. 174465–174481, 2019, doi: 10.1109/ACCESS.2019.2953972.
- [2] O. Lavrynenko, G. Konakhovych and D. Bakhtiarov, "Method of voice control functions of the UAV," *2016 4th International Conference on Methods and Systems of Navigation and Motion Control (MSNMC)*, Kiev, Ukraine, 2016, pp. 47–50, doi: 10.1109/MSNMC.2016.7783103.
- [3] K. T. Shivaram, N. Mahesh Kumar, M. Anusha and B. S. Manohar, "The optimal numerical wavelet based integration of probability density function by chebyshev wavelet method," *2019 International Conference on Intelligent Computing and Control Systems (ICCS)*, Madurai, India, 2019, pp. 175–177, doi: 10.1109/ICCS45141.2019.9065515.
- [4] K. Geetha and M. K. Hota, "Seismic Random Noise Attenuation Using Optimal Empirical Wavelet Transform With a New Wavelet Thresholding Technique," in *IEEE Sensors Journal*, vol. 24, no. 1, pp. 596–606, 1 Jan.1, 2024, doi: 10.1109/JSEN.2023.3334819.

- [5] O. Lavrynenko, A. Taranenko, I. Machalin, Y. Gabrousenco, I. Terentyeva and D. Bakhtiarov, "Protected Voice Control System of UAV," *2019 IEEE 5th International Conference Actual Problems of Unmanned Aerial Vehicles Developments (APUAVD)*, Kiev, Ukraine, 2019, pp. 295–298, doi: 10.1109/APUAVD47061.2019.8943926.
- [6] F. Li, B. Wu, N. Liu, Y. Hu and H. Wu, "Seismic Time-Frequency Analysis via Adaptive Mode Separation-Based Wavelet Transform," in *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, vol. 17, no. 4, pp. 696–700, April 2020, doi: 10.1109/LGRS.2019.2930583.
- [7] C. Candemir, "Selection of Wavelet Based Optimal Denoising Method in fMRI Signals," *2020 Innovations in Intelligent Systems and Applications Conference (ASYU)*, Istanbul, Turkey, 2020, pp. 1–5, doi: 10.1109/ASYU50717.2020.9259816.
- [8] O. Lavrynenko, B. Chumachenko, M. Zaliskyi, S. Chumachenko and D. Bakhtiarov, "Method of Remote Biometric Identification of a Person by Voice based on Wavelet Packet Transform," *CEUR Workshop Proceedings*, 2024, vol. 3654, pp. 150–162.
- [9] G. Yang, Y. Song and J. Du, "Speech Signal Denoising Algorithm and Simulation Based on Wavelet Threshold," *2022 4th International Conference on Natural Language Processing (ICNLP)*, Xi'an, China, 2022, pp. 304–309, doi: 10.1109/ICNLP55136.2022.00055.
- [10] M. Rakhimov, "Algorithm for Parallel Processing of a Speech Signal based on the Haar Wavelet," *2022 International Conference on Information Science and Communications Technologies (ICISCT)*, Tashkent, Uzbekistan, 2022, pp. 1–4, doi: 10.1109/ICISCT55600.2022.10146906.
- [11] O. Lavrynenko, D. Bakhtiarov, V. Kurushkin, S. Zavhorodnii, V. Antonov and P. Stanko, "A method for extracting the semantic features of speech signal recognition based on empirical wavelet transform," *Radioelectronic and Computer Systems*, 2023, vol. 107, no. 3, pp. 101–124, doi: 10.32620/reks.2023.3.09.
- [12] N. Zhang and Z. Wang, "Noise Reduction of Speech Signal Based on Wavelet Transform with Improved Threshold Function," *2020 12th International Conference on Measuring Technology and Mechatronics Automation (ICMTMA)*, Phuket, Thailand, 2020, pp. 542–547, doi: 10.1109/ICMTMA50254.2020.00122.
- [13] Y. Tverdokhlib and V. Dubrovin, "Research on Wavelet Filter Features for Nonstationary Signals," *2019 IEEE International Scientific-Practical Conference Problems of Infocommunications, Science and Technology (PIC S&T)*, Kyiv, Ukraine, 2019, pp. 785–788, doi: 10.1109/PICST47496.2019.9061501.
- [14] H. He, X. Wei and H. Huang, "An Improved Teaching-Learning Optimization Algorithm based on Morlet Wavelet Variation," *2021 5th Asian Conference on Artificial Intelligence Technology (ACAIT)*, Haikou, China, 2021, pp. 94–106, doi: 10.1109/ACAIT53529.2021.9731331.
- [15] O. Veselska, O. Lavrynenko, R. Odarchenko, M. Zaliskyi, D. Bakhtiarov, M. Karpinski and S. Rajba, "A Wavelet-Based Steganographic Method for Text Hiding in an Audio Signal," *Sensors*, 2022, vol. 22, no. 15, pp. 1–25, doi: 10.3390/s22155832.
- [16] H. Xiao, D. Hu and J. Wang, "Threshold selection of wavelet denoising based on optimization algorithms," *2022 International Conference on Innovations and Development of Information Technologies and Robotics (IDITR)*, Chengdu, China, 2022, pp. 88–92, doi: 10.1109/IDITR54676.2022.9796485.
- [17] S. Sun, Y. Sun, Y. Li, S. Ma, L. Zhang and Y. Hu, "An Adaptive Wavelet Multilevel Soft Threshold Algorithm for Denoising Partial Discharge Signals," *2019 IEEE Sustainable Power and Energy Conference (iSPEC)*, Beijing, China, 2019, pp. 1874–1878, doi: 10.1109/iSPEC48194.2019.8975273.
- [18] O. Lavrynenko, R. Odarchenko, G. Konakhovych, A. Taranenko, D. Bakhtiarov and T. Dyka, "Method of Semantic Coding of Speech Signals based on Empirical Wavelet Transform," *2021 IEEE 4th International Conference on Advanced Information and Communication Technologies (AICT)*, Lviv, Ukraine, 2021, pp. 18–22, doi: 10.1109/AICT52120.2021.9628985.
- [19] X. Y. Kek, C. S. Chin and Y. Li, "Multi-Timescale Wavelet Scattering With Genetic Algorithm Feature Selection for Acoustic Scene Classification," in *IEEE Access*, vol. 10, pp. 25987–26001, 2022, doi: 10.1109/ACCESS.2022.3156569.
- [20] O. Yu. Lavrynenko, D. I. Bakhtiarov, B. S. Chumachenko, O. G. Holubnychyi, G. F. Konakhovych and V. V. Antonov, "Application of Daubechies wavelet analysis in problems of acoustic detection of UAVs," *CEUR Workshop Proceedings*, 2024, vol. 3662, pp. 125–143.

Лавриненко О. Ю.

МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОГО ВЕЙВЛЕТ-БАЗИСУ ДЛЯ ОБРОБКИ МОВНИХ СИГНАЛІВ

В роботі розглядається метод вибору оптимальної вейвлет-функції в якості базису вейвлет-перетворення. Існуючі підходи оптимального вибору материнської вейвлет-функції для обробки мовних сигналів побудовані на базі критерію мінімальної ентропії вейвлет-коефіцієнтів, мають один головний недолік, який полягає в тому, що ентропія характеризується лише розподілом імовірностей появи певних вейвлет-коефіцієнтів у мовному сигналі. Цей факт не дає змоги існуючий підхід вважати оптимальним, адже він не враховує показник точності реконструкції мовного сигналу за вейвлет-коефіцієнтами. Таким чином, розроблений метод визначення оптимального вейвлет-базису враховує не лише абсолютний показник ентропії, а й його вплив на реконструкцію мовного сигналу, який базуватиметься на знаходженні оптимального значення адаптивної порогової фільтрації вейвлет-коефіцієнтів мовного сигналу, де функціональною оцінкою похибки реконструкції сигналу слугуватимуть об'єктивні кількісні метрики – середньоквадратична помилка вхідного і обробленого сигналів, а також енергія вейвлет-коефіцієнтів до та після порогової обробки. У запропонованому методі показано алгоритм аналізу вейвлет-спектрів із різними вейвлет-функціями з метою оцінювання їхньої придатності для оптимальної обробки мовних сигналів у задачах фільтрації, стиснення, кодування, синтезу та розпізнавання мови. У результаті показано, що в задачі обробки мовних сигналів за допомогою вейвлет-аналізу найоптимальнішим є вейвлет Мейєра. У роботі представлено розроблений критерій оптимальності вибору породжувальної вейвлет-функції, в якості базису вейвлет-перетворення. Критерій ґрунтується на визначенні локальної енергетичної щільності розподілу частот вейвлет-спектра мовного сигналу та на можливості провести реконструкцію сигналу за допомогою оберненого вейвлет-перетворення з найменшою похибкою. Дослідження показало, що ефективність розробленого методу підвищилася на 20.5 %, або в 1.4 рази, на відміну від існуючого методу на основі критерію мінімуму ентропії – 52.1 %, і склала 72.6 %.

Ключові слова: вейвлет-аналіз; мовний сигнал; вейвлет-коефіцієнти; оптимальний вейвлет-базис; порогова обробка; енергія вейвлет-спектра.

Lavrynenko O.

METHOD OF DETERMINING THE OPTIMAL WAVELET BASIS FOR SPEECH SIGNAL PROCESSING

This paper considers a method for selecting the optimal wavelet function as the basis of wavelet transform. Existing approaches to the optimal selection of the mother wavelet function for processing speech signals are based on the criterion of the minimum entropy of wavelet coefficients, and have one major drawback, which is that entropy is characterized only by the probability distribution of the appearance of certain wavelet coefficients in the speech signal. This fact does not allow the existing approach to be considered optimal, since it does not take into account the accuracy of speech signal reconstruction by wavelet coefficients. Thus, the developed method for determining the optimal wavelet basis takes into account not only the absolute entropy index, but also its effect on the reconstruction of the speech signal, which will be based on finding the optimal value of the adaptive threshold filtering of the wavelet coefficients of the speech signal, where objective quantitative metrics, such as the root mean square error of the input and processed signals, as well as the energy of the wavelet coefficients before and after thresholding, will serve as a functional assessment of the signal reconstruction error. The proposed method shows an algorithm for analyzing wavelet spectra with different wavelet functions in order to evaluate their suitability for optimal processing of speech signals in the tasks of filtering, compression, coding, synthesis and speech recognition. As a result, it is shown that in the task of processing speech signals using wavelet analysis, the Meyer wavelet is the most optimal. The paper presents the developed optimality criterion for selecting the generating wavelet function as the basis of the wavelet transform. The criterion is based on the determination of the local energy density of the frequency distribution of the wavelet spectrum of the speech signal and on the possibility to reconstruct the signal using the inverse wavelet transform with the smallest error. The study showed that the efficiency of the developed method increased by 20.5 % or 1.4 times, in contrast to the existing method based on the minimum entropy criterion is 52.1 %, and amounted to 72.6 %.

Keywords: wavelet analysis; speech signal; wavelet coefficients; optimal wavelet basis; threshold processing; wavelet spectrum energy.

Стаття надійшла до редакції 30.09.2024 р.

Прийнято до друку 11.12.2024 р.