

Інна Саяпіна^{1*}

¹ Доцент кафедри “Системи штучного інтелекту та телекомунікаційні технології”, Державний університет інфраструктури та технологій, вул. Кирилівська, 9, м. Київ, 04071, Україна. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1541-1681>

* Автор, відповідальний за листування: inna.saiapina@gmail.com

ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ КЛАСИФІКАЦІЇ ДАНИХ ТА НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЗАВАДОСТІЙКОСТІ РЕЙКОВОГО КОЛА

У статті запропонована оптимізація існуючого пристрою підвищення завадостійкості тональних рейкових кіл. За рахунок того, що сигнальний струм у тональному рейковому колі являє собою сигнал тональної частоти, модульований імпульсами, то завдяки розмиканню тракту передачі тонального рейкового кола на вході колійного приймача під час інтервалів між імпульсами сигнального струму можна захистити колійний приймач від впливу на нього завад. Для врахування часу затримки на проходження сигналу з виходу колійного генератора на вхід колійного приймача у пристрої підвищення завадостійкості передбачена лінія затримки. Але час проходження сигнального струму у тракту тонального рейкового кола може коливатись залежно від його параметрів роботи. Для урахування цих коливань та підвищення ефективності виключення завад в інтервалах між імпульсами корисного сигналу запропонований метод адаптивного управління лінією затримки, який дозволить адаптувати параметр часу затримки залежно від довжини рейкової лінії, несучої частоти сигналу, опору ізоляції та частоти модулюючого сигналу. Завдяки вирішенню задачі класифікації даних, що містять інформацію щодо впливу параметрів роботи тонального рейкового кола на час проходження сигналу, було обрано оптимальну структуру моделі на основі нейронних мереж, яка реалізує метод адаптивного управління лінією затримки.

Ключові слова: тональне рейкове коло, класифікація, інтелектуальний аналіз даних, завадостійкість, нейронні мережі, база даних.

Вступ. Підвищення швидкостей руху поїздів висуває нові вимоги щодо заходів з вдосконалення та модернізації систем, які відповідають за безпеку процесу перевезень. Важливим елементом даних систем є рейкові кола, від надійності роботи яких залежить робота систем залізничної автоматики.

Для вирішення проблеми відмов рейкових кіл у зв'язку з несправністю ізолюючих стиків стали впроваджуватися безстикові рейкові кола, зокрема тональні рейкові кола (ТРК). Вони працюють у складних умовах дії великої кількості завад від тягового струму, атмосферних впливів, завад, викликаних впровадженням нових перспективних видів електрорухомого складу, що негативно впливає на забезпечення електромагнітної сумісності роботи ТРК [1, 2].

Аналіз останніх досліджень і постановка проблеми. Для вирішення проблеми завадостійкості ТРК у різних країнах продовжують розроблятися модернізовані види ТРК [3-5].

Розвиток технологій дозволяє використовувати як апаратні рішення на основі нової перспективної елементної бази, так і ефективні програмні алгоритми. Перспективним напрямом є впровадження новітніх технологій та алгоритмів штучного інтелекту для покращення ідентифікації несправностей, прогнозування відмов та підвищення завадостійкості

ТРК [6]. Для вирішення даних задач дослідники застосовують такі засоби, як нейронні мережі [7, 8], нейро-нечітку логіку [9], вейвлет-перетворення [10], глибинну мережу переконань [5] алгоритм комбінованого дерева рішень та теорію множин [11], метод опорних векторів [12], алгоритм динамічного трансформування часу [13]. Використання сучасних технологій дозволяє значно підвищити характеристики надійності ТРК, тому актуальним є задача впровадження їх для модернізації видів ТРК, що застосовуються на залізницях України.

Мета і завдання дослідження. Метою проведеного дослідження є застосування перспективних засобів штучного інтелекту і інтелектуального аналізу даних для покращення завадостійкості ТРК, що застосовуються на залізницях України. Для цього вирішуються такі завдання:

- підвищити ефективність відомого пристрою підвищення завадостійкості ТРК за рахунок розробки методу адаптивного управління лінією затримки;
- проаналізувати вплив параметрів роботи ТРК на величину часу затримки, виконавши класифікацію даних з застосуванням алгоритму дерева рішень;
- розробити модель реалізації адаптивного методу управління лінією затримки.

Матеріали та методи дослідження. Відомий пристрій підвищення завадостійкості ТРК [14], який дозволяє виключити надходження завад на вхід колійного приймача за рахунок розмикання тракту передачі сигналу на час інтервалу між імпульсами сигнального струму ТРК. Сигнальний струм тональних рейкових кіл третього покоління (ТРК-3), що використовуються на українській залізниці, являє собою сигнал несучої тональної частоти, що модулюється імпульсами з частотою 8 або 12 Гц. В інтервалах між цими імпульсами ніякого корисного сигналу для колійного приймача не надходить, але можуть надходити завади, що діють на рейкове коло. Тому для виключення дії цих завад на вході колійного приймача підключається керований електронний ключ, який розмикає тракт по керуючому сигналу, що надходить з генератора одиничного імпульсу. Питання синхронізації розмикання електронного ключа саме під час інтервалу між імпульсами вирішується таким чином. Корисний сигнал, що подається у тракт ТРК, одночасно з тим подається ще й на лінію затримки, час затримки якої відповідає часу проходження корисного сигналу з виходу колійного генератора через рейкову лінію на вхід колійного приймача. Вихід лінії затримки підключено до входу генератора одиничного імпульсу, який виробляє керуючий імпульс, за яким електронний ключ і розмикає тракт. Для ефективної роботи даної схеми слід зазначити, що тривалість імпульсу генератора одиничного імпульсу повинна відповідати частоті модуляції корисного сигналу, а лінія затримки повинна бути регульованою відповідно до часу проходження сигналу по тракту, щоб з однієї сторони не викликати хибну зайнятість рейкового кола, а з іншої сторони виключити вплив максимуму завад на колійний приймач. Але час проходження сигналу у рейковому колі є змінною величиною, яка залежить від умов роботи ТРК. І чим точніше цей час буде визначений, тим вищу завадостійкість ТРК можна буде забезпечити. Тому для вирішення задачі точного визначення часу затримки запропоновано розробити метод адаптивного управління лінією затримки, що полягає в точному налаштуванні часу затримки сигналу залежно від параметрів роботи ТРК: частоти несучого сигналу, довжини ТРК, опору ізоляції та частоти модуляції.

Для аналізу впливу даних параметрів роботи ТРК на час розповсюдження сигналу використана імітаційна модель ТРК [15], яка була перевірена на адекватність [16]. За допомогою моделювання створено базу даних з 518 вимірювань.

За допомогою пакету інтелектуального аналізу даних для Excel виконана класифікація даних на основі алгоритму дерева рішень з метою визначення ключових параметрів, що впливають на величину часу затримки (рис. 1).

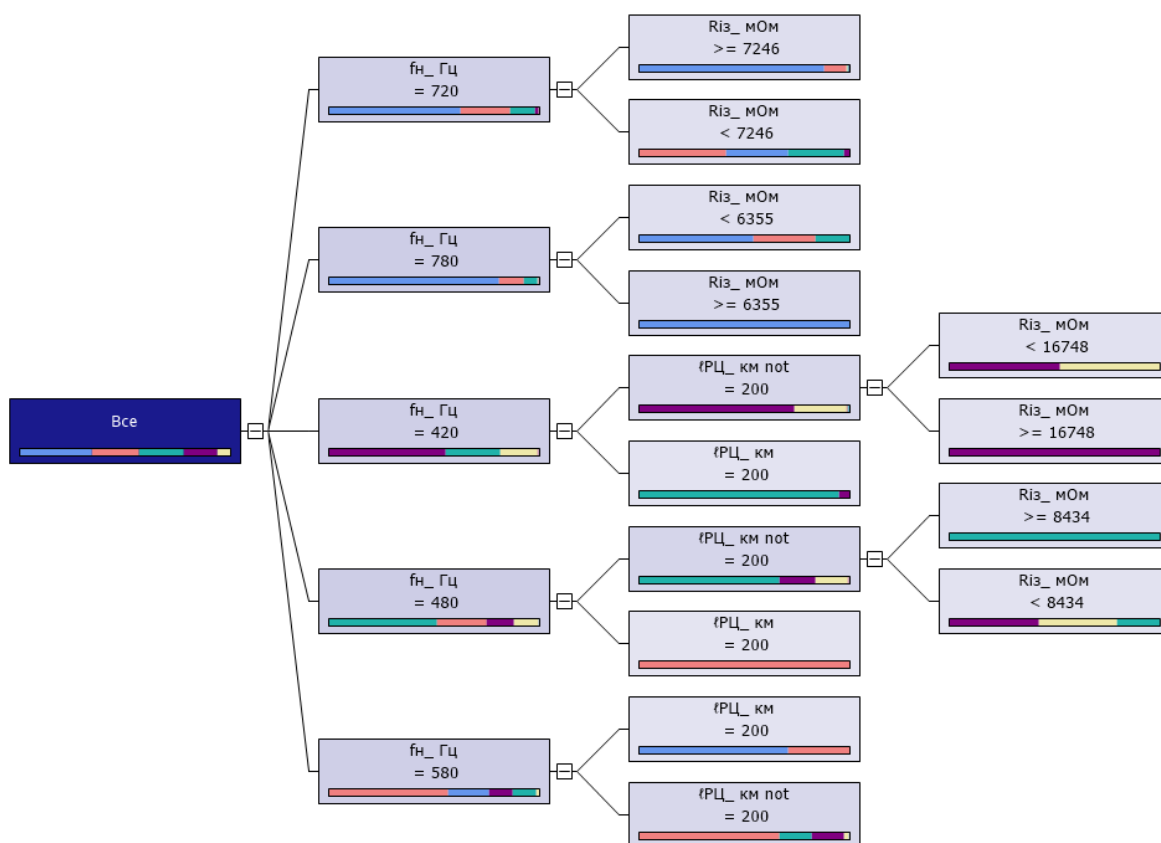


Рис. 1. Дерево рішень для параметру часу затримки, отримане за результатами класифікації даних

При класифікації алгоритм розподілив діапазон значень величини часу затримки сигналів на 5 інтервалів, кожен з яких позначений певним кольором на гістограмі дерева рішень.

Таблиця 1. Позначення інтелектуального аналізу даних

Значення інтервалу t_z , мс	Кількість значень t_z , що відповідають інтервалу	Імовірність, %	Гістограма
< 0,35	118	32,06	Blue
0,35-0,47	83	22,8	Red
0,47-0,56	79	21,75	Green
0,56-0,67	59	16,46	Purple
$\geq 0,67$	23	6,93	Yellow

Результати класифікації показують, що основним фактором, який впливає на значення часу затримки, є частота несучого сигналу. Завдяки цим висновкам інтелектуального аналізу було вирішено обрати структуру моделі адаптивного пристрою управління лінією затримки, реалізовану за допомогою програмного комплексу Matlab, його розширень Simulink та Neural Network Toolbox і наведену на рис. 2. До складу даної моделі входять п'ять нейронних мереж, кожна з яких видає затримку для 5 відповідних частот, що використовуються у ТРК-3: 420 Гц, 480 Гц, 580 Гц, 720 Гц та 780 Гц. Для знаходження точного часу затримки на вхід моделі надходять вхідні дані, що складаються з значення частоти несучого сигналу, довжини ТРК, значення опору ізоляції рейкової лінії та частоти модуляції.

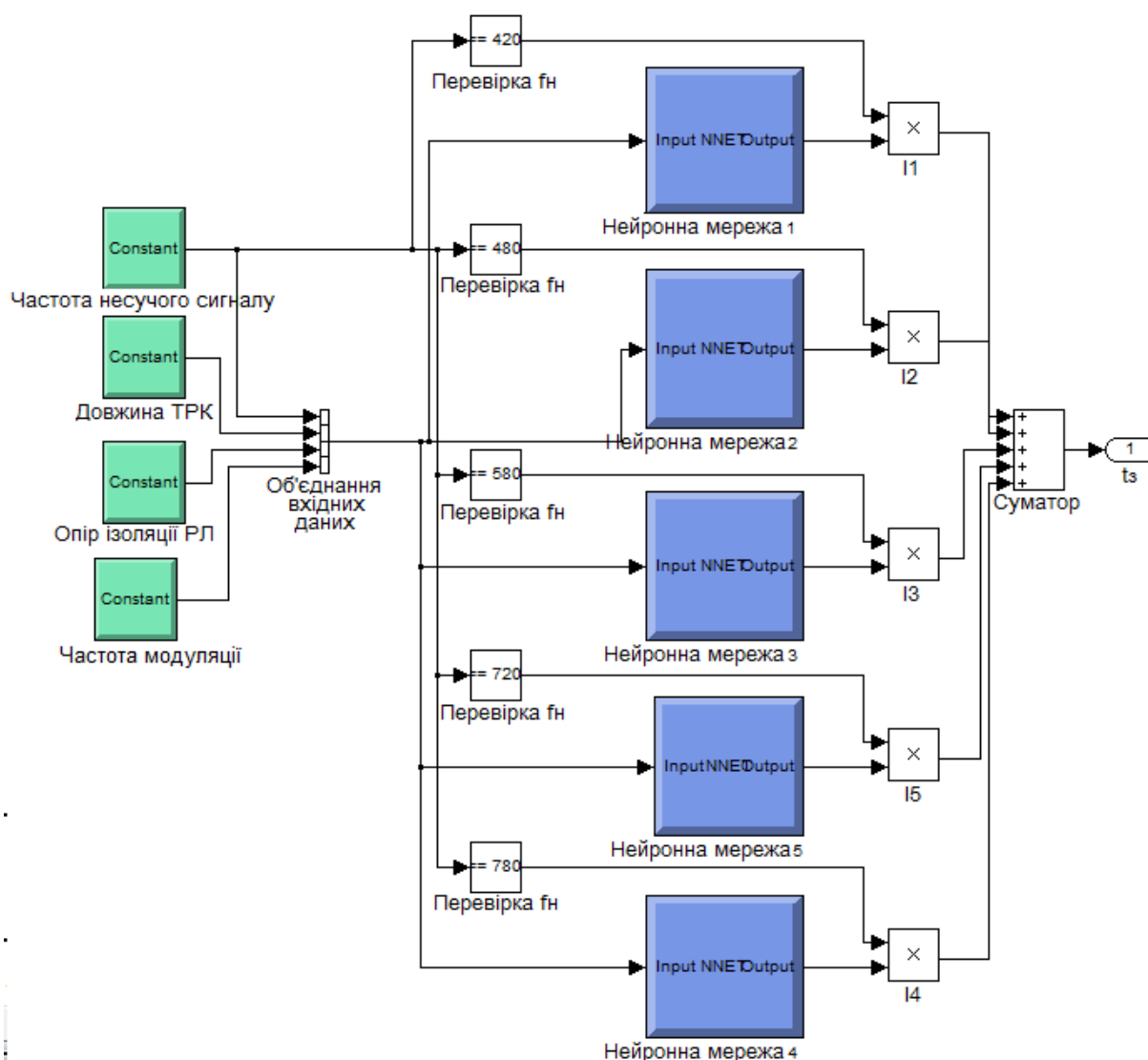


Рис. 2. Структура моделі адаптивного пристрою управління лінією затримки

Блоки перевірки частоти несучого сигналу перевіряють чи збігається частота несучого сигналу, що надходить у вхідних даних, з частотою відповідної нейронної мережі. Якщо так, то на вихід блоку перевірки надходить логічна одиниця, якщо ні – то логічний нуль. Таким чином блоки I1-I4 обнуляють свої виходи, якщо частота сигналу не відповідає, і на вихід суматора надходить лише значення часу затримки від нейронної мережі, яка видає точний результат саме для даної несучої частоти сигналу за результатами аналізу інших трьох вхідних параметрів: довжини ТРК, опору ізоляції та частоти модуляції. Створення окремої нейронної мережі для кожної несучої частоти сигналу дозволяє підвищити точність результату та зменшити похибку моделювання.

Нейронні мережі являють собою перцептрон і мають структуру з прямим розповсюдженням сигналу і зворотним розповсюдженням помилки. Активаційною функцією є гладка і безперервна функція гіперболічного тангенсу.

Чотири нейронні мережі, які адаптують величину затримки для сигналів з несучими частотами 420 Гц, 480 Гц, 580 Гц і 780 Гц були навчені за допомогою методу Левенберга-Марквардта [17, 18], призначеного для оптимізації параметрів нелінійних регресійних моделей.

Вхідний сигнал має вигляд $y = f(w, x)$, де $f(w, x)$ є регресійною моделлю, що відображає залежність між вхідними і вихідними сигналами навчання. На початку роботи алгоритму задається початковий вектор параметрів w , який на кожному наступному кроці ітерації коригується на величину приросту:

$$\Delta w = (J^T J + \mu I)^{-1} J^T (y - f(w)), \quad (1)$$

де μ – параметр регуляризації, який назначається на кожній ітерації алгоритму,
 J – матриця Якобі функції $f(w, x)$ в точці w ,
 I – одинична матриця.

Критерієм при оптимізації є середньоквадратична помилка моделі на навчальній вибірці

$$mse = \frac{\sum_{i=1}^N (y_i - f(w, x_i))^2}{N}. \quad (2)$$

Робота методу спрямовано послідовне наближення початкових значень параметрів до шуканого локального оптимуму. Алгоритм зупиняється у разі, якщо значення параметра приросту Δw наступної ітерації менше заданого значення або знайдені параметри приводять помилку навчання менше встановленої величини

$$\|f(w_i, x) - y(x)\| < \varepsilon_{зад}, \quad (3)$$

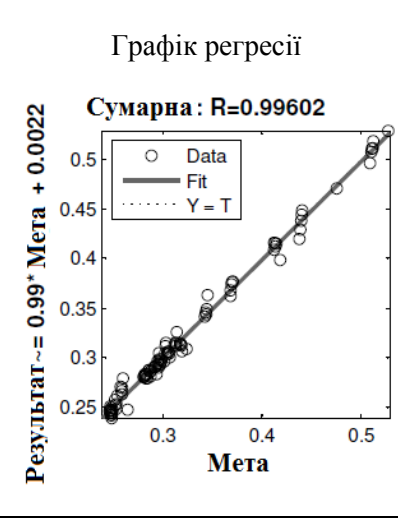
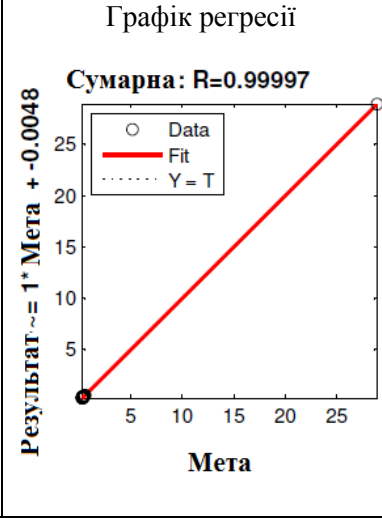
де $y(x)$ – вихідний навчальний вектор,

$\varepsilon_{зад}$ – встановлена допустима величина помилки.

Для навчання п'ятої нейронної мережі, що адаптує величину затримки для сигналів з несучою частотою 720 Гц, кращий результат показав метод байєсівської регуляризації [19], для підстроювання ваг та зміщень, в основі якого використовується метод Левенберга-Марквардта. Даний метод мінімізує комбінацію квадратів помилок і вагомості для отримання найкращих узагальнюючих властивостей нейронної мережі.

Таблиця 2. Результати навчання та моделювання нейронних мереж

Нейронна мережа 1 (420 Гц)	Нейронна мережа 2 (480 Гц)	Нейронна мережа 3 (580 Гц)
Помилка навчання $1,54 \cdot 10^{-8}$	Помилка навчання $5,87 \cdot 10^{-9}$	Помилка навчання $2 \cdot 10^{-8}$
<p>Графік регресії Сумарна: $R=0.99754$</p> <p>Результат $\sim 0.99 \cdot \text{Мета} + 0.0051$</p>	<p>Графік регресії Сумарна: $R=0.99766$</p> <p>Результат $\sim 1 \cdot \text{Мета} + 0.001$</p>	<p>Графік регресії Сумарна: $R=0.99342$</p> <p>Результат $\sim 1 \cdot \text{Мета} + 0.0016$</p>
Помилка моделювання $5,1 \cdot 10^{-7}$	Помилка моделювання $1 \cdot 10^{-7}$	Помилка моделювання $1,6 \cdot 10^{-7}$

Нейронна мережа 4 (780 Гц)	Нейронна мережа 5 (720 Гц)
$4,58 \cdot 10^{-9}$	$1,74 \cdot 10^{-8}$
Графік регресії	Графік регресії
<p>Сумарна: $R=0.99602$</p> 	<p>Сумарна: $R=0.99997$</p> 
Помилка моделювання $2,2 \cdot 10^{-7}$	Помилка моделювання $4,8 \cdot 10^{-7}$

Для оцінки підвищення точності налаштування захисного часового інтервалу за умови використання запропонованого адаптивного методу управління лінією затримки для ТРК-3 припустимо, що за умови звичайної роботи лінія затримки була б налаштована на середнє значення часу затримки, що становить $t_{зсер} = 0,4565$ мс. Максимальне і мінімальне значення часу затримки сигналу серед результатів всіх вимірів становить відповідно $t_{3max} = 0,9269$ мс для сигналу з частотою 420 Гц при довжині рейкової лінії 1 км і опорі ізоляції 0,85 Ом·км, і $t_{3min} = 0,2464$ мс сигналу з частотою 780 Гц при довжині рейкової лінії 0,2 км і опорі ізоляції 50 Ом.. Тобто, адаптивний метод управління лінією затримки для ТРК-3 дозволяє підвищити точність налаштування часового інтервалу у випадку t_{3max} до 0,47 мс, а у випадку t_{3min} до 0,21 мс.

Висновки. У статті запропонована оптимізація існуючого пристрою підвищення завадостійкості тональних рейкових кіл. Для більш ефективного виключення завад в інтервалах між імпульсами корисного сигналу запропонований метод адаптивного управління лінією затримки, який дозволить адаптувати параметр часу затримки залежно від довжини рейкової лінії, несучої частоти сигналу, опорі ізоляції та частоти модулюючого сигналу. Завдяки результатам класифікації даних, що містять інформацію про вплив параметрів роботи ТРК на час проходження сигналу, було обрано оптимальну структуру моделі на основі нейронних мереж, що реалізує метод адаптивного управління лінією затримки. Дана модель побудована на основі нейронних мереж, що мають структуру з прямим розповсюдженням сигналу і зворотним розповсюдженням помилки. Для навчання використані методи Левенберга-Марквардта та байєсівської регуляризації. Помилки навчання склали $1,54 \cdot 10^{-8}$, $5,87 \cdot 10^{-9}$, $2 \cdot 10^{-8}$, $4,58 \cdot 10^{-9}$, $1,74 \cdot 10^{-8}$. Запропонований адаптивний метод адаптивного управління лінією затримки для ТРК-3 з несучою частотою сигналу 420 Гц при довжині рейкової лінії 1 км і опорі ізоляції 0,85 Ом·км дозволяє підвищити точність налаштування часу затримки сигналу до 0,47 мс.

ЛІТЕРАТУРА

1. Гаврилук В.И., Щека В.И., Мелешко В.В. Испытания новых типов подвижного состава на электромагнитную совместимость с устройствами сигнализации и связи // Наука и прогресс транспорта. Вестник Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта. 2015. №5 (59). С.7-15.
2. V. Havryliuk, Model of Propagation of Traction Current Harmonics from Trains to a Track Circuit Receiver // 2021 Asia-Pacific International Symposium on Electromagnetic Compatibility (AP EMC), 2021, pp. 1-4, doi: 10.1109/AP EMC49932.2021.9597152.
3. K. B. Park, J. Y. Park, M. S. Jang, M. S. Lim, and S. H. Kim. A study on the internal modeling of track circuit (UM71-C) on HSL // Proceedings of. KIEE Conf. Korean Inst. Electr. Eng., 2006, pp. 1130–1131.

4. A. Debiolles, L. Oukhellou, P. Aknin, and T. Denoeux. Track circuit automatic diagnosis based on a local electrical modelling // Proceedings of WCRR, Jun. 2006, pp. 4–8.
5. Z. Zheng, S. Dai and X. Xie, Research on Fault Detection for ZPW-2000A Jointless Track Circuit Based on Deep Belief Network Optimized by Improved Particle Swarm Optimization Algorithm // IEEE Access, vol. 8, pp. 175981-175997, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.3025628
6. V. Havryliuk. ANFIS Based Detecting of Signal Disturbances in Audio Frequency Track Circuits // 2020 IEEE 2nd International Conference on System Analysis & Intelligent Computing (SAIC), 2020, pp. 1-6, doi: 10.1109/SAIC51296.2020.9239127.
7. T. de Bruin, K. Verbert and R. Babuška. Railway Track Circuit Fault Diagnosis Using Recurrent Neural Networks // IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems, vol. 28, no. 3, pp. 523-533, March 2017, doi: 10.1109/TNNLS.2016.2551940
8. Z. W. Huang, X. Y. Wei, Z. Liu. Fault diagnosis of railway track circuits using fuzzy neural network. J. China Railway Soc., 2012, vol. 34, no. 11, pp. 54–59. doi: 10.3969/j.issn.1001-8360.2012.11.009
9. Zanwu Huang, Shaobin Li, and Xueye Wei. Analysis of temperature impact on audio frequency track circuits using linear regression model / AIP Conference Proceedings 1834, 020019 (2017). doi: <https://doi.org/10.1063/1.4981558>
10. V. Havryliuk. Audio Frequency Track Circuits Monitoring Based on Wavelet Transform and Artificial Neural Network Classifier // 2019 IEEE 2nd Ukraine Conference on Electrical and Computer Engineering (UKRCON), 2019, pp. 491-496, doi: 10.1109/UKRCON.2019.8879833.
11. W. B. Zhu, X. M. Wang. Research on fault diagnosis of railway jointless track circuit based on combinatorial decision tree // J. China Railway Soc., 2018, vol. 40, no. 7, pp. 74–79. doi: 10.3969/j.issn.1001-8360.2018.07.011
12. Zhang M. Railway track circuit fault diagnosis based on support vector machine with particle swarm optimization // 2013 International Conference on Electrical, Control and Automation Engineering, 1-2 dec. 2013. Lancaster: DEStech Publications, 2013. 662p.
13. Dong W. Fault diagnosis for compensating capacitors of jointless track circuit based on dynamic time warping // Mathematical Problems in Engineering. New York: Hindawi Publishing Corporation. Vol. 2014. P.2-13.
14. Саяпина І.О.. Удосконалення методів і засобів підвищення завадостійкості тональних рейкових кіл: дис. ... канд. техн. наук : 05.22.20 / УкрДУЗТ. Харків, 2017. 160 с
15. Саяпина І.А. Моделирование характеристик передачи сигналов тональной рельсовой цепи // Збірник наукових праць Української державної академії залізничного транспорту. Харків: УкрДАЗТ, 2012. Вип.134. С.173-181.
16. Саяпина І.А. Проверка модели рельсовой цепи на адекватность // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті: науково-технічний журнал. Харків: УкрДАЗТ, 2013. Вип. 4(101). С.31-36.
17. Levenberg, K. A. Method for the Solution of Certain Problems in Least Squares // Quarterly of Applied Mathematics. USA:Brown University, 1944.Vol. 2. P. 164-168.
18. Ranganathan A. The Levenberg-Marquardt Algorithm // Tutorial on LM Algorithm, 2004. P.1-5.
19. Foresee F.D., Hagan M.T. Gauss-Newton Approximation To Bayesian Learning // Proceedings of the International Joint Conference on Neural Networks. San Jose CA: Institute of Electrical and Electronics Engineers, 1997. P. 1930-1935.

REFERENCES

1. V.I. Havryliuk, V.I. Shcheka, V.V. Meleshko (2015). Ispytaniya novykh tipov podvizhnogo sostava na elektromagnitnyuyu sovmestimost' s ustroystvami signalizatsii i svyazi [Tests of new types of rolling stock for electromagnetic compatibility with signaling and communication devices]. Nauka i progress transporta. Vestnik Dnepropetrovskogo natsional'nogo universiteta zheleznodorozhnogo transporta [Science and progress of transport. Bulletin of the Dnepropetrovsk National University of Railway Transport], 5(59). 7-15.
2. V. Havryliuk, (2021). Model of Propagation of Traction Current Harmonics from Trains to a Track Circuit Receiver. 2021 Asia-Pacific International Symposium on Electromagnetic Compatibility (APEMC). 1-4. doi: 10.1109/APEMC49932.2021.9597152.
3. K. B. Park, J. Y. Park, M. S. Jang, M. S. Lim, and S. H. Kim, (2006). A study on the internal modeling of track circuit (UM71-C) on HSL. Proceedings of. KIEE Conf. Korean Inst. Electr. Eng., 1130–1131.
4. A. Debiolles, L. Oukhellou, P. Aknin, and T. Denoeux, (2006). Track circuit automatic diagnosis based on a local electrical modelling. Proceedings of WCRR, 4–8.
5. Z. Zheng, S. Dai and X. Xie, (2020). Research on Fault Detection for ZPW-2000A Jointless Track Circuit Based on Deep Belief Network Optimized by Improved Particle Swarm Optimization Algorithm. IEEE Access, 8, 175981-175997. doi: 10.1109/ACCESS.2020.3025628
6. V. Havryliuk (2020). ANFIS Based Detecting of Signal Disturbances in Audio Frequency Track Circuits. 2020 IEEE 2nd International Conference on System Analysis & Intelligent Computing (SAIC), 1-6. doi: 10.1109/SAIC51296.2020.9239127.
7. T. de Bruin, K. Verbert and R. Babuška (2017). Railway Track Circuit Fault Diagnosis Using Recurrent Neural Networks. IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems, 28(3), 523-533. doi: 10.1109/TNNLS.2016.2551940

8. Z. W. Huang, X. Y. Wei, Z. Liu (2012). Fault diagnosis of railway track circuits using fuzzy neural network. J. China Railway Soc., 34, 11, 54–59. doi: 10.3969/j.issn.1001-8360.2012.11.009
9. Zanwu Huang, Shaobin Li, and Xueye Wei (2017). Analysis of temperature impact on audio frequency track circuits using linear regression model. AIP Conference Proceedings 1834, 020019 doi: <https://doi.org/10.1063/1.4981558>
10. V. Havryliuk (2019). Audio Frequency Track Circuits Monitoring Based on Wavelet Transform and Artificial Neural Network Classifier. 2019 IEEE 2nd Ukraine Conference on Electrical and Computer Engineering (UKRCON), 491-496, doi: 10.1109/UKRCON.2019.8879833
11. W. B. Zhu, X. M. Wang (2018). Research on fault diagnosis of railway jointless track circuit based on combinatorial decision tree. J. China Railway Soc., 40, 7, 74–79. doi: 10.3969/j.issn.1001-8360.2018.07.011
12. Zhang M. (2013). Railway track circuit fault diagnosis based on support vector machine with particle swarm optimization. 2013 International Conference on Electrical, Control and Automation Engineering. Lancaster: DEStech Publications, 662.
13. Dong W. (2014). Fault diagnosis for compensating capacitors of jointless track circuit based on dynamic time warping. Mathematical Problems in Engineering. New York: Hindawi Publishing Corporation, 2-13.
14. I.O. Saiapina (2017). Improvement of methods and means to increase audio frequency track circuits noise immunity. *Thesis of PhD* Kharkiv, 160. [in Ukrainian]
15. I. Saiapina (2012). Modelirovaniye kharakteristik peredachi signalov tonal'noy rel'sovoy tsepi [Modeling the Signaling Characteristics of a Tone Track Circuit]. Zbirnyk naukovykh prats' Ukrayins'koyi derzhavnoyi akademiyi zaliznychnoho transportu [Collection of scientific works of the Ukrainian State Academy of Railway Transport], 134, 173-181. [in Russian]
16. I. Saiapina (2013). Proverka modeli rel'sovoy tsepi na adekvatnost' [Validation of the track circuit model for adequacy]. Informatsiyno-keruyuchi systemy na zaliznychnomu transporti [Information and control systems for railway transport], 4(101), 31-36. [in Russian]
17. Levenberg, K. A. (1944) Method for the Solution of Certain Problems in Least Squares. Quarterly of Applied Mathematics, 2, 164-168.
18. Ranganathan A. (2004) The Levenberg-Marquardt Algorithm. Tutorial on LM Algorithm, 1-5.
19. Foresee F.D., Hagan M.T. (1997) Gauss-Newton Approximation To Bayesian Learning. Proceedings of the International Joint Conference on Neural Networks. San Jose CA: Institute of Electrical and Electronics Engineers, 1930-1935.

*Inna Saiapina*¹

¹ Associate Professor, Department of Artificial Intelligence and Telecommunication Technologies, State University of Infrastructure and Technologies, 9, Kyrylivska str., Kyiv, 04071, Ukraine. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1541-1681>

DATA CLASSIFICATION METHOD AND NEURAL NETWORKS APPLICATION FOR INCREASING NOISE IMMUNITY OF AUDIO FREQUENCY TRACK CIRCUIT

The article proposes the optimization of the existing device for improving the noise immunity of audio frequency track circuits. Due to the fact that the signal current in the audio frequency track circuit is a tone frequency signal modulated by pulses, by opening the transmission path of the audio frequency track circuit at the input of the track receiver during the intervals between signal current pulses, the track receiver can be protected from interference. To take into account the delay time for the signal to pass from the output of the track generator to the input of the track receiver, a delay line is provided in the device for increasing noise immunity. But the time of passage of the signal current in the path of the audio frequency track circuit may vary depending on its operating parameters. To take into account these fluctuations and to increase the efficiency of eliminating interference in the intervals between useful signal pulses, a method of adaptive control of the delay line is proposed, which allows adapting the delay time parameter depending on the length of the rail line, the carrier frequency of the signal, the insulation resistance and the frequency of the modulating signal. By solving the problem of classifying data containing information about the influence of the operation parameters of the audio frequency track circuit on the signal transit time, the optimal structure of the model based on neural networks was chosen. This model implements the method of adaptive control of the delay line.

Keywords: audio frequency track circuit, classification, data mining, noise immunity, neural networks, database.