

Bayesian criteria to optimize spectral efficiency and maintain robust system performance.

Such an approach ensures that the cognitive radio network can dynamically adapt to changes in the spectral environment, improving both spectral utilization and the quality of communication, even in challenging conditions with high levels of interference and variability. This combination of multistage filtering and rigorous statistical analysis represents a significant advancement in spectral monitoring, making it a highly effective solution for modern wireless communication systems. Main stages of the method.

1. Initial spectrum measurement. This stage involves the initial analysis of the spectrum to gather data on the frequency range, which is necessary for further filtering and modeling.

2. Preliminary signal filtering. Kalman filters are used at this stage for preliminary signal filtering to reduce noise and account for fading. The Kalman filter is effective because it works well with dynamic systems and incorporates previous state information, reducing noise and improving signal quality before further analysis.

3. Using the Akaike Information Criterion (AIC). AIC is applied for the initial evaluation of spectral models, allowing the selection of the optimal model for the spectral data. Other information criteria, such as BIC or Minimum Description Length (MDL), could also be used, but AIC is preferred in the early stages due to its balance between accuracy and computational complexity.

4. Window width selection. The window width is set based on the signal type:

GSM: 200 kHz

Wi-Fi: 20 MHz (802.11b/g/n)

Bluetooth: 1 MHz

FM Radio: 200 kHz

TV: 6-8 MHz

LoRaWAN: 125 kHz or 500 kHz

5. Adaptive signal filtering: Different filters are used for various signal types:

– Wiener filter: Ideal for reducing noise in signals with stable spectral structures (e.g., Wi-Fi, FM Radio).

– Median filter: Suitable for eliminating impulse noise and distortions in highly dynamic signals (e.g., Bluetooth, LoRaWAN).

6. Bayesian Information Criterion (BIC). BIC is used at later stages to refine the models and avoid overfitting. BIC provides a stricter evaluation of the models by considering the number of model parameters.

7. Kullback-Leibler Divergence calculation. This metric is used to evaluate the quality of the models by measuring the divergence between two probability distributions, helping to assess how well the model fits the actual data.

8. Akaike weight calculation. Akaike weights are calculated to determine the relative quality of models and compare how well they fit the observations. If Akaike weights exceed certain thresholds, the sub-band is considered available for secondary users; otherwise, it is deemed occupied.

9. Multistage recurrent time segmentation. Time series are segmented to improve the accuracy of detecting changes in the spectral environment. This reduces computational resources by focusing on critical segments of the signal.

10. Recursive updating of spectral estimates. Spectral estimates are continuously updated based on new data, ensuring dynamic adaptation of the method to changes in the spectral environment.

The proposed method combines classical filtering techniques with modern information criteria to enhance spectral monitoring accuracy. This method is particularly suited for real-time spectrum monitoring in environments with high levels of noise, interference, and spectral variability.

References

12. Лисечко В.П., Степаненко Ю.Г., Сопронюк І.І., Брюзгіна Н.О. Дослідження методів аналізу спектру в когнітивних радіомережах. *Збірник наукових праць*. Х.: Харківського університету Повітряних Сил ім. І. Кожедуба. 2010. Вип. 3 (25). С.137-145.

13. Лисечко В.П., Сопронюк І.І., Ухова О.О. Метод моніторингу спектра в когнітивних радіосетях на основі використання інформаційного критерія Акаїке. *Системи обробки інформації*. ХУПС ім. І. Кожедуба. 2011. Вип. 5(95). С.108-112.

14. Zhang Y., Li R., Duan L. Spectrum sharing for cognitive radio networks: A multi-agent reinforcement learning approach. *IEEE Transactions on Network and Service Management*. 2021. Vol. 18(2). pp. 823-835.

15. Lin Z., Liu H., Ma Z. Frequency-domain methods for time-variant channel estimation in cognitive radio systems. *IEEE Transactions on Vehicular Technology*. 2020. Vol. 69(8). pp. 8643-8657.

к.т.н. Г.Є. Богомазова, студенти Д.Є. Воронько, М.Ю. Лисицький УкрДУЗТ, м. Харків

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ЗАЛІЗНИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ ШЛЯХОМ ПРОГНОЗУВАННЯ ОБСЯГІВ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ВАНТАЖІВ

Зростання конкуренції між різними видами транспорту та зношеність основних засобів залізничного транспорту в перспективі можуть призвести до втрати частки ринку перевезень

залізницею. Оцінка перспективних обсягів вантажоперевезень залізничним транспортом допоможе обрати найефективнішу стратегію розвитку транспортної системи.

Мета роботи полягає в удосконаленні процесу визначення завантаженості залізничної інфраструктури шляхом прогнозування обсягів вантажоперевезень.

В роботі формалізовано нейромережеву модель прогнозування обсягів перевезень, що дозволяє точніше оцінювати завантаженість залізничної інфраструктури на прогнозований період та визначати необхідну кількість вагонів відповідного типу для забезпечення умов перевезення.

Прогнозування обсягів перевезень є ключовим елементом в управлінні транспортним процесом. Чим вищий рівень точності прогнозів, тим ефективніше здійснюється планування та управління перевезеннями. Однак аналіз планових і фактичних обсягів перевезень зернових вантажів і залізничної сировини виявив значні відхилення між цими показниками, що підкреслює необхідність впровадження більш надійних методів прогнозування.

Задачу прогнозування вдалося вирішити за допомогою використання штучних нейронних мереж. Для прогнозування застосовано повноз'язний багатошаровий перцептрон Румельхарта з прямим поширенням сигналу. В якості вхідних даних використовувалися статистичні дані про обсяги перевезень зернових вантажів. Для навчання моделі було виділено 90% даних, а для перевірки — 10%. У прихованих шарах використовується логістична активаційна функція, а на виході — гіперболічний тангенс. В результаті модель надає прогнозні обсяги вантажоперевезень залізничним транспортом на наступний місяць.

Адекватність моделі можна оцінити за допомогою діаграми розподілу залишків та аналізу залежності між вхідними й вихідними даними. Для крос-перевірки використовувалися реальні значення обсягів перевезень у якості тестової вибірки. Згідно з отриманими даними, можна зробити висновок, що нейронна мережа успішно вловлює загальну тенденцію часового ряду.

Перевірка адекватності запропонованої нейронної мережі для прогнозування обсягів перевезень зерна та продуктів перемолу була виконана за допомогою коефіцієнта розбіжності прогнозу, запропонованого Г. Тейлором. Чим ближче цей коефіцієнт до нуля, тим краще прогноз збігається з фактичними даними. Якість і надійність прогнозної моделі оцінювали за показником середньої абсолютної відсоткової помилки (mean absolute percentage error, MAPE), який відображає відносну точність прогнозу. Отримане значення

MAPE свідчить про високу точність прогнозування. З огляду на інерційність залізничного транспорту, цей показник є достатнім для ухвалення управлінських рішень.

Запропонований метод прогнозування з використанням математичної моделі дозволяє підвищити ефективність процедури визначення завантаженості залізничної інфраструктури.

*Аспіранти Д.О. Грунський, О.Ю. Давиденко
Український державний університет залізничного
транспорту (м. Харків)*

ПОКРАЩЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ РОБОТИ ЗАЛІЗНИЦІ ТА ВІДПРАВНИКІВ ВАНТАЖІВ

Сучасний розвиток ринкових відносин обумовлює потребу проведення раціональної та грамотної політики тактичного і стратегічного управління ресурсами залізничної галузі. Одним з перших постає завдання оцінки ефективності застосування основних управлінських рішень, які можна вирішувати з використанням наявних методів моделювання, сучасних підходів до прогнозування і запровадження систем підтримки прийняття оперативних рішень працівниками.

Прогнозування в сучасних умовах постає основним інструментом управління оперативною ситуацією за умови створення великої переваги перед політикою управління експлуатаційною роботою залізниці "по факту минулого періоду".

Розробка прогнозних даних про основні об'ємні характеристики залізничного транспорту дозволяє мати комплексну уяву про існуючий стан і динаміку певних потоків, надає можливість ефективно та в поточному режимі планувати діяльність, підтримувати процеси прийняття тактичних і оперативних рішень [1].

Дослідження вказують, що значна частина експлуатаційних витрат підприємств та організацій складають затрати, які пов'язані зі зберіганням, доставкою, та іншими операціями, які забезпечують перевезення вантажу. Зменшення запасів на підприємстві призведе до значного економічного ефекту. Зменшення рівня запасів можливе при використанні високого ступеня взаємодії всіх учасників технологічних процесів.

Середні добові витрати, які пов'язані з доставкою та зберіганням вантажу залежать від:

- витрат на зберігання однієї тонни вантажу, що припадають на одну добу;
- втрат від дефіциту однієї тонни відповідних вантажів;
- витрат на доставку вантажу до організації на один цикл зміни запасу товарів.