

На схемі присутні персональний комп'ютер (ПК) і два мобільних пристрої. Персональний комп'ютер підключений до інтернету за допомогою кабелю. Від ПК мережевий кабель проходить до концентратора Ethernet, після до мосту, що транслює сигнал і підключений до кільця FDDI. Кільце FDDI підключено до маршрутизатора, який приймає сигнал Ethernet. Перший мобільний пристрій підключено по бездротової Wi-Fi мережі до роутера, який підключений до інтернету завдяки дроту. Другий мобільний прилад має бездротовий доступ до інтернету за допомогою мережі ZigBee. Сам ZigBee-модем підключений до інтернету через GSM-мережу.

Пристрої відправляють запит з даними, що введені користувачем в браузері на динамічній сторінці, на веб-сервер додатка. На веб-сервері проходить обробка по заданому розробниками алгоритму. Якщо потрібно, алгоритм звертається до бази даних. Після чого сервер в якості відповіді відправляє змінену версію сторінки в браузер на пристрій.

Отже, було розроблено структурну схему обробки даних вибору транспортних засобів для АТП за допомогою веб-технологій. По ній можна оцінити перевагу веб-додатка перед існуючими аналогами, які допомагають користувачу автоматично розрахувати експлуатаційні властивості автомобіля, але є негнучкими і складними у використанні.

***Бабіна А. М.***

*студентка, магістр кафедри метрології та безпеки життєдіяльності  
Харківського національного автомобільно-дорожнього університету*

## **ВИКОРИСТАННЯ МЕТРИКИ СИГНАЛІВ ДЛЯ НАВЧАННЯ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ**

В процесі визначення динамічних характеристик (ДХ) вимірювальних каналів тиску (ВКТ) з використанням нейронної мережі виникає задача

автоматичного визначення ступеню подібності вимірних сигналів, тобто визначення метрики (відстані між сигналами) [1-5].

Найбільш простий клас метрик порівняння сигналів на виході ВКТ - це порівняння вимірних сигналів за їх формою для кожного моменту часу. Наприклад, можна порівнювати максимальне відхилення амплітуд сигналів, але така метрика чутлива до одиничних відмінностей в амплітудах сигналів

$$U = \max_i |a_i - b_i|, \quad (1)$$

де вектори  $a_i$  і  $b_i$  - значення амплітуд порівнюваних вхідних дій (сигналів) ВКТ.

Іншим критерієм оцінки може служити середньоквадратичне відхилення амплітуд сигналів:

$$\sigma_u = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (a_i - b_i)^2}{n}}, \quad (2)$$

де  $n$  – кількість вимірів в часовій вибірці вхідного сигналу.

Даному методу властиві недоліки:

- висока чутливість до середньої відмінності сигналів по амплітуді, що може привести до помилкового результату у випадку, коли сигнали незначно відрізняються в середньому по амплітуді;

- вимірювальний канал має різну чутливість до спотворень вхідного сигналу у різних частинах частотного діапазону, що пов'язано з амплітудно-частотною характеристикою вимірювального каналу тиску. З цього випливає, що спотворення порівнюваних сигналів на низьких (0.01-5 Гц) і середніх частотах (5-20 Гц) будуть більшими, ніж на високих (20-50 Гц).

Таким чином, дана метрика не може враховувати різну чутливість ВКТ в різних частотних смугах, а при порівнянні двох різних сигналів з білим шумом швидше за все дасть висновок про те, що вони зовсім різні.

Іншим підходом є частотно-часова метрика вхідних сигналів ВКТ. Для одержання даної метрики вхідні сигнали спочатку послідовно покриваються

невеликими інтервалами з деяким кроком  $\Delta t$  в часі і  $\Delta f$  по частоті. У кожному з цих інтервалів сигнал розкладається в ряд Фур'є, після чого будується спектр (без врахування фаз частотних складових). Отримані спектри записуються у двовимірний масив (час, частота) - спектрограму.

Перевагою даної метрики над описаною вище є те, що можна порівнювати значення амплітуд сигналів згідно з даними про сприйняття ВКТ тієї або іншої частотної складової, тобто робити порівняння за формулою:

$$\sigma_u = \frac{\sqrt{\sum_{j=1}^{N_f} \frac{1}{\alpha_j} \cdot \sum_{i=1}^{N_t} (Sa_{ji} - Sb_{ji})^2}}{N_f \cdot N_t}, \quad (3)$$

де  $Sa_{ji}$ ,  $Sb_{ji}$  – двовимірні масиви амплітуд спектрограм двох вхідних сигналів  $a$  і  $b$ ;

$N_f, N_t$  – число елементів аналізу відповідно по частоті та часу.

Коефіцієнт  $\alpha_j$  залежить від чутливості ВКТ в даній  $j$ -тій частотній ділянці амплітудно-частотної характеристики каналу тиску, значення для якої отримуються експериментально.

Для даного методу, як і для амплітудно-часової метрики, так само необхідно, щоб сигнали містили однакову енергію, тобто середньоквадратичне відхилення в спектрах для всього сигналу повинне бути мінімальним. У порівнянні зі звичайною метрикою в даній мірі практично вирішується проблема порівняння сигналів з різними амплітудами й ураховується нерівномірна чутливість ВКТ до різних частотних складових.

Для тестування цього методу визначення метрики вхідних сигналів ВКТ більш правильно застосовувати модифікацію даного методу: з спектрограми послідовно виділяється кілька  $k$  частотних смуг і в них визначається середньоквадратичне відхилення. Частотні смуги вибираються неоднакової ширини, тому що змістовної інформації для технологічного процесу ВКТ в межах 0...5 Гц більше, ніж у межах 20...40 Гц, отже й смуги в

низькочастотній області вибираються вузкими, ніж у високочастотній. Так ширина частотних смуг  $\Delta f$  у межах 0.01...40 Гц змінюється від  $\Delta f_{\min} = 0.05$  Гц до  $\Delta f_{\max} = 5$  Гц. Відповідно буде змінюватися і число елементів аналізу  $N_f$  для кожної  $k$ -ї частотної смуги  $N_f = \frac{f_{\max_k} - f_{\min_k}}{\Delta t_k}$ . З урахуванням цього вираз (3)

прийме вид:

$$\sigma_k = \frac{\sqrt{\sum_{j=1}^{N_f} \cdot \sum_{i=1}^{N_t} (S a_{ji} - S b_{ji})^2}}{N_f \cdot N_t}. \quad (4)$$

Перевагою даного методу є те, що стає можливим порівняння вхідних сигналів ВКТ, оброблених фільтром низьких частот для зменшення кількості вимірювальної інформації. Такі сигнали можна порівнювати тільки в тих частотних смугах, які характерні для даного сталого режиму роботи ТСО. Також у цьому випадку не обов'язково зберігати енергію сигналів у всьому частотному діапазоні при переході від одного сталого режиму ТСО до іншого. При коректному збереженні енергії сигналу в частотній смузі можна досить точно визначити середню відмінність сигналів в цій смузі. Одним з недоліків методу є мала розрізнявальна здатність як по частоті, так і за часом.

Для зменшення впливу цього недоліку на якість роботи нейронної мережі весь частотний діапазон вхідного сигналу ВКТ розбивається на декілька  $n$  смуг. В залежності від їх значимості для характеристики технологічного процесу та точності вимірювання тиску в каналі ТСО ширина кожної смуги  $dF_n$  різна. Аналогічним чином весь часовий інтервал аналізу подібності вхідних сигналів розбивається на  $m$  підінтервалів часу з різною шириною  $dF_m$ , в межах яких буде проводитись порівняння сигналів. Таким чином, можна отримати середнє відхилення між вхідними сигналами ВКТ в області розміром  $n \times m$ :

$$\sigma_{nm} = \frac{\sum_{j=1}^n \cdot \sum_{i=1}^m |Sa_{ji} - Sb_{ji}|}{dF_n \cdot dT_m} \cdot \quad (5)$$

З точки зору реалізації пошуку екстремуму зручніше оцінювати не мінімуми  $\sigma_{nm}$ , а максимуми  $1/\sigma_{nm}$ . Аналіз метрики відновленого сигналу нейромережевим алгоритмом та опорного вхідного сигналу за критерієм максимуму  $1/\sigma_{nm}$  дає можливість визначити ДХ ВКТ у полі аналізу. На рис. 1 зображено вид відносної метрики сигналів в часово-частотному полі аналізу. Вихідний сигнал ВКТ характеризується декількома частотними складовими. Для кожного сталого режиму роботи ТСО кількість цих складових різна. Характерним є наявність амплітудних і частотних флуктуацій як в межах одного, так і при переході до іншого сталого режиму ТСО. Ці флуктуації, на перший погляд, і не значні, але це приводить до того що метрика  $\sigma_{nm}$  порівнюваних вхідних дій (фактично їх енергія) буде розподілена в декількох елементах аналізу, що значно ускладнює пошук екстремуму  $1/\sigma_{nm}$ . Як наслідок, зростає час та похибка навчання нейронної мережі, в окремих випадках нейронна мережа взагалі не може навчитися. Для усунення цього недоліку визначення метрики аналізуємих вхідних дій необхідно проводити в три етапи. На першому етапі ковзаючим зрізом в площині "час-частота" проводиться грубий пошук екстремуму. При його знаходженні проводиться точне визначення елементів аналізу шляхом одночасного часово-частотного аналізу в часовому та частотному стробах — другий етап. Спочатку одночасно оцінюються всі максимуми, які попали в строб часу, і якщо знайдений за результатами грубої оцінки є дійсно найбільшим максимумом, то далі проводиться його уточнення частотним стробом.

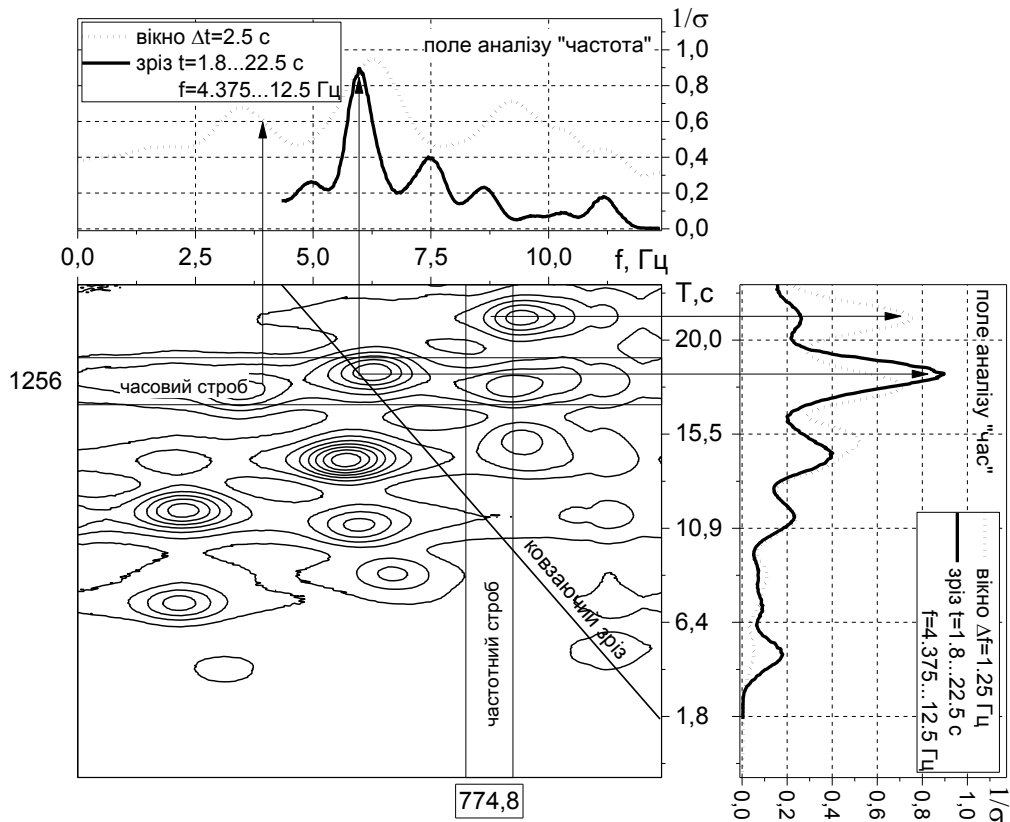


Рисунок 1 – Відображення відносної метрики сигналів в часово-частотному полі аналізу

Так як вихідний сигнал ВКТ має флуктуації як по амплітуді так і по частоті, то необхідно проводити уточнення місцезнаходження максимуму відносної метрики в межах двох сусідніх елементів поля "час-частота" - третій етап. Таким підходом усувається неоднозначність оцінки критерію зупинки навчання нейронної мережі.

При визначенні локальних максимумів відносної метрики нейронна мережа спочатку навчається в частотній смузі 7.5...15 Гц, де найчастіше, як показали дослідження, мають місце явно виражені резонанси вихідного сигналу ВКТ. Наявність таких резонансів дозволяє значно скоротити час навчання нейронної мережі. При цьому ковзаючий зріз лінійно переміщується від початкових значень часу та частоти ( $t = 0, f = 0$ ) до кінцевих (рис. 1). Після визначення єдиного максимуму відносної метрики

порівнюваних сигналів він уточнюється в межах 4 сусідніх елементів аналізу. При цьому ковзаючий зріз фіксується в центрі елементу аналізу де знайдено максимум відносної метрики і здійснює повний оберт. В результаті аналізуються відносні метрики в сусідніх елементах для виявлення їх переміщень в сусідні елементи аналізу внаслідок флуктуацій вхідного сигналу ВКТ. Таким чином забезпечується однозначність критерію зупинки навчання нейронної мережі при визначенні постійної часу ВКТ.

Література:

1. Коваль А. О. Вдосконалення методів визначення динамічних характеристик вимірювальних каналів тиску / дис. канд. техн. наук: 05.01.02 // Коваль Андрій Олександрович – Харків, 2016. – 224 с.

2. Коваль А. О. Лінійна нейромережева динамічна вимірювальна система з послідовним відновленням і фільтрацією вхідного сигналу датчика / А. О. Коваль // Вісник НТУ "ХПІ". – 2011. – №53. – С. 84–89.

3. Коваль А. О. Критерій та схема навчання нейромережевої моделі вимірювального датчика / А. О. Коваль // Вісник НТУ "ХПІ". – 2011. – №68. – С. 75–78.

4. Коваль А. О. Нейромережевий метод підкріпленого навчання у завданнях автоматичного управління / А. О. Коваль, Н. М. Єфіменко, К. П. Бердар // зб. доп. 10-ї Міжн. міждисц. наук.-практ. школа-конф. "Сучасні проблеми гуманізації та гармонізації управління", Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна. – 2010. – С. 281–288.

5. Коваль А. О. Використання методу шумів та online діагностики для вдосконалення метрологічного забезпечення на техногенно небезпечних об'єктах / А. О. Коваль, О. В. Полярус, О. А. Коваль // Вісник НТУ "ХПІ". – 2015. – №35. – С. 152–156.