

ОЦІНКА МОЖЛИВОСТІ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ БАГАТОМІРНИХ ВИПАДКОВИХ ПРОЦЕСІВ

Чепусенко Є. О., Гулієв Е. І.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Харків

В доповіді використані результати експериментів з вимірювання концентрації шкідливих газів на однієї з ТЕЦ України. Вимірювання проводились дистанційним методом з допомогою апаратури, що встановлювалась на трубі, з якої продукти згоряння виходили в атмосферу. Одночасно вимірювались концентрації п'яти різних газів, але на деяких об'єктах кількість вимірюваних параметрів може бути набагато більшою. Звідси впливає необхідність розроблення такого методу візуалізації, який би був однаковим для будь-якої кількості досліджуваних параметрів. В зазначеному експерименті вимірювались концентрації наступних газів: CO_2 , пилу (dust), NO_x , O_2 , SO_2 , які змінювались в часі і створювали випадкові процеси. Ці гази в подальшому будуть називатись відповідно першим, другим, третім, четвертим та п'ятим газами і у програмах позначатись як $V1n$, $V2n$, $V3n$, $V4n$, $V5n$. Оскільки абсолютні значення концентрацій різних газів в експериментах значно відрізняються, а, крім того, і розмірності не є однаковими, то спільний аналіз зазначених випадкових процесів є недоцільним. В зв'язку з цим, всі концентрації нормувались до максимального значення концентрації конкретного газу, що створювало можливості для подальшої візуалізації всіх процесів.

Для проведення досліджень вибрані експериментально отримані концентрації п'яти шкідливих газів на інтервалі 1500 с. Вид одного з графіків показано на рисунку 1.

Нехай n нормованих випадкових процесів дискретизується в часі на m нормованих значень. Кількість цифрових даних становить $n \times m$, і це число може бути дуже великим. В дискретний момент часу k маємо числове значення i -го вимірюваного параметра a_{ik} , тобто в n -мірному просторі існує точка A_k , яка еволюціонує у цьому просторі з часом. Тут виникає ідея візуально простежити за цією

точкою за деякий період, щоб зробити деякі висновки про систему. Звичайно цього зробити неможливо, оскільки n -мірний простір є абстрактним і не піддається спостереженню. Однак, існує можливість розробки опосередкованого методу візуального спостереження за поведінкою багатомірної точки. Опишемо цей метод, починаючи з розгляду найпростішого випадку.

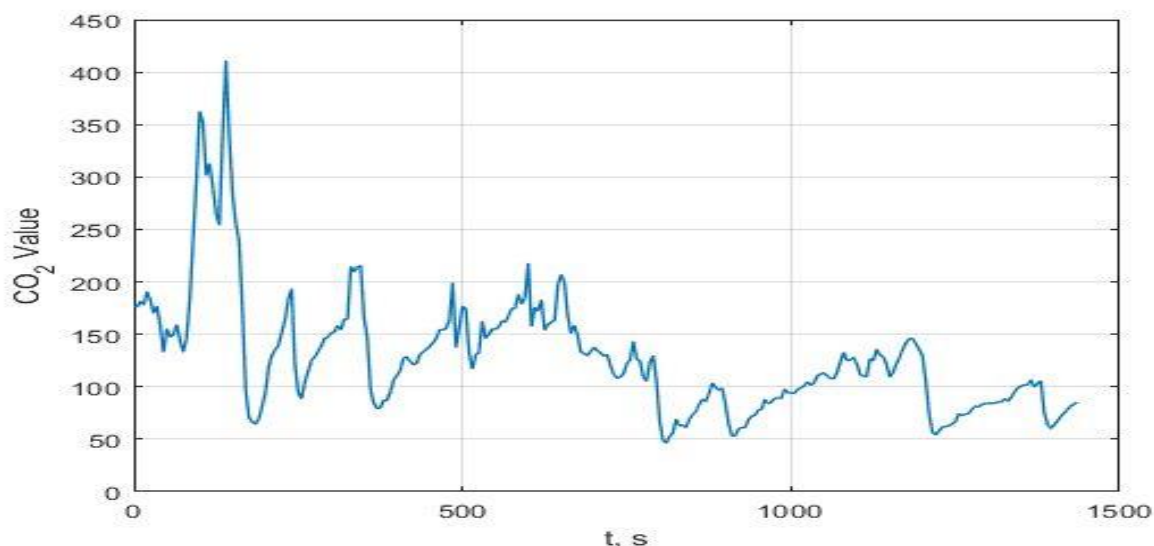


Рисунок 1. – Одна з реалізацій випадкового процесу шкідливого газу

Позначимо значення цих параметрів в початковий момент часу a_1, a_2, \dots, a_n , де n - кількість параметрів. Інші індекси ($i = 1, 2, \dots, n$) характеризують номер параметра. Сукупність зазначених параметрів можна трактувати як вектор \vec{a} з компонентами (проекціями) a_1, a_2, \dots, a_n . Багатомірний вектор не може наочно зображуватись в якій-небудь системі координат. Його аналіз припускає окреме вивчення поведінки кожної компоненти вектору a_i . Інший підхід запропоновано в [1], де пропонується багатомірний вектор розглядати як двомірний образ, використовуючи базис ортонормованих функцій $\{\psi_i(\tau)\}_{i=0}^{\infty}$. Зокрема, там пропонується використовувати ортонормовані поліноми Лежандра $\{l_i(\tau)\}_{i=0}^{\infty}$ на відрізку $[0, 1]$, де τ є просто параметр, що об'єднує всі інші параметри, від яких залежить стан об'єкту. Отже, як показано в

[1], точці (вектору) в багатомірному просторі $\vec{a} = (a_1, a_2, \dots, a_n)^T$ можна поставити у відповідність функцію

$$F_A(\tau) = \sum_{i=0}^{n-1} a_i l_i(\tau), \quad (1)$$

яка виконує роль візуалізації багатомірної точки, тобто така точка, яку неможливо уявити, буде представлена графіком на площині. Ще раз відзначимо, що параметр τ не є часом у загальному випадку. На практиці в описаних раніше системах всі параметри є залежними від часу, який ми позначимо як t . Для візуального аналізу поведінки багатомірної точки можна будувати тримірний графік $F_A(\tau, t)$ або розглядати поведінку функції $F_A(\tau)$ в послідовні дискретні моменти часу. Така функція може бути тестовою, тобто визначеною в початковий момент часу з достатньою точністю. Вона буде флюктувати з часом внаслідок змінювання параметрів системи. Наперед незрозуміла її поведінка в ситуаціях, коли значення якого-небудь параметру змінюється стрибком. Невідомо також, як вид ортонормованої функції впливає на поведінку цієї функції. Ще однією особливістю є необхідність врахування розмірності параметра a_i . Вимогою є однаковість розмірності всіх параметрів, що робить застосування методу безперспективним. Щоб подолати цю проблему, треба зробити перехід від відповідних параметрів до їх нормованих значень. Фактично, це означає, що будь-який параметр a_i буде набувати значень в діапазоні від 0 до 1.

Таким чином, кожній точці у багатомірному просторі відповідає одна абстрактна крива на площині, приклад якої приведено на рисунку 2.

Отриманий портрет стану ТЕЦ може залежати від точності вимірювання концентрації газів. Оскільки похибки вимірювань є випадковими, то і форма портрету є випадковою, а, значить, може описуватися мовою статистики. Отже, треба встановити діапазони змінювання кривих $F_A(\tau)$ внаслідок змінювання параметрів a_i , при яких можна вважати, що функція $F_A(\tau)$ залишається близькою до тестового виду, в якому система є в прийнятному стані.

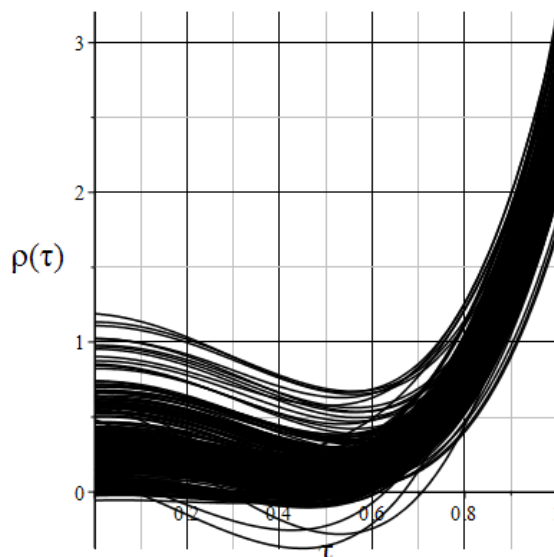


Рисунок 2. – Візуальний образ п’ятимірного процесу при використанні ортогональних поліномів Лежандра

Аналогічні візуальні образи можна отримати з використанням інших ортогональних функцій при різній послідовності нормованої концентрації газів. Наші дослідження показали, що портрет стану ТЕЦ змінюється, але для вже вибраних функціях і вибраній послідовності він має специфічні контури. Потім після появи стрибків концентрації візуальний образ змінюється і в ньому будуть присутні характерні криві лінії, які оператор ТЕЦ може заздалегідь вивчити. Отже, можуть бути зроблені висновки про несправність технологічного об’єкту за екологічними показниками.